

GUIA DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES PARA LA VALORIZACION DEL COMPOST Y EL LODO DE DEPURADORA



Dirección del Trabajo:

Carlos García Izquierdo

Autor:

Alfonso José Menacho Fernández

Septiembre 2018



UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

Se autoriza al alumno **D. Alfonso Jose Menacho Fernández**, a realizar el Trabajo Fin de Máster titulado: “Guía de Buenas Prácticas agrícolas y ambientales para la valorización del compost y el lodo de EDARs”, bajo la dirección de D. Carlos Garcia Izquierdo (Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Murcia), debiendo cumplir las normas establecidas para la redacción del mismo que están a su disposición en la página Web específica del Master.

Orihuela, 5 de septiembre de 2018

La Directora del Máster Universitario de Investigación en Gestión, Tratamiento y Valoración de Residuos Orgánicos


Miguel Hernández
Fdo.: Concepción Paredes Gil
Miguel Hernández
ELCHE
CAMPUS DE ORIHUELA
DEPARTAMENTO DE
AGROQUÍMICA Y
MEDIO AMBIENTE

TRIBUNAL	
FECHA:	
PRESIDENTE:	FIRMA:
VOCAL:	FIRMA:
VOCAL:	FIRMA:



ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

**Máster Universitario de Investigación en
Gestión, Tratamiento y Valorización de Residuos Orgánicos**



**GUIA DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES PARA
LA VALORIZACION DEL COMPOST Y EL LODO DE DEPURADORA**

Vº Bº DIRECTOR

Carlos García Izquierdo

ALUMNO

Alfonso José Menacho Fernández



A mi familia.

En especial a mi padre,

gran profesional,

mejor persona.

REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MASTER

IDENTIFICACIONES

Autor: Alfonso José Menacho Fernández

Título: Guía de buenas prácticas agrícolas y ambientales para la valorización del compost y lodo de depuradora.

Title: Guide of good agricultural and environmental practices for the valorization of compost and sewage sludge.

Director/es del TFM: Carlos García Izquierdo

Año:2018

Titulación: Master Universitario de Investigación en Gestión, Tratamiento y Valorización de Residuos Orgánicos

Tipo de proyecto: Guía Metodológica

Palabras claves: lodo, compost, agricultura, suelo, cultivo, higiene

Keywords: sludge, compost, agriculture, soil, cultivation, hygiene

Nº citas bibliográficas:

Nº de planos:0

Nº de tablas:43

Nº de figuras:16

Nº de anexos:2



RESUMEN

El objeto de esta guía es marcar unas pautas para correcta valorización agronómica de uno de los residuos de mayor importancia generados en la actualidad.

El concepto residuos posee un carácter peyorativo en nuestra sociedad mientras para otras significa recursos, reutilización, posibilidades. Un primer paso sería empezar a referirse a al lodo, y al compost generado por él, como subproductos y no como residuos.

El artículo 6 de la *“Directiva 2008/98/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas “* bajo la rúbrica *“fin de la condición de residuo”*, atendiendo a los anteriores criterios jurisprudenciales regula el momento en que un residuo deja de serlo, al establecer que:

“1. Determinados residuos específicos dejarán de ser residuos, cuando hayan sido sometidos a una operación, incluido el reciclado, de valorización y cumplan los criterios específicos que se elaboren, con arreglo a las estado siguientes:

- a) la sustancia u objeto se usa normalmente para finalidades específicas;*
- b) existe un mercado o una demanda para dicha sustancia u objeto;*
- c) la sustancia u objeto satisface los requisitos técnicos para las finalidades específicas, y cumple la legislación existente y las normas aplicables a los productos; y*
- d) el uso de la sustancia u objeto no generará impactos adversos globales para el medio ambiente o la salud.*

Los criterios incluirán valores límite para las sustancias contaminantes cuando sea necesario y deberán tener en cuenta todo posible efecto medioambiental nocivo de la sustancia u objeto”.

Con el auge de la economía circular y el abandono progresivo de la economía lineal (producir-usar-tirar), las materias primas secundarias cobran una especial importancia. La valorización y el aprovechamiento de los subproductos generados se convierten en ejes vertebradores de esta filosofía.

Ofrecer a los profesionales del sector primario ,al agricultor, la formación e información sobre las ventajas e inconvenientes de la utilización de este subproducto es clave para su aceptación social y si esta se lograra, estaríamos alineados alineada con la 'Estrategia Europea de una Bioeconomía Sostenible', que propugna la conversión de los flujos de residuos en

productos de valor añadido para mejorar la producción y la eficiencia en el uso sostenible de los recursos.

ABSTRACT (PENDIENTE)

The purpose of this guide is to set guidelines for correct agronomic valorization of one of the most important residues generated at present.

The waste concept has a pejorative character in our society while for others it means resources, reuse, possibilities. A first step would be to start referring to the sludge, and the compost generated by it, as byproducts and not as waste.

Article 6 of "Directive 2008/98 / EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives" under the heading "end of waste status", taking into account the The previous jurisprudential criteria regulates the moment in which a waste ceases to be, by establishing that:

"1. Certain specific wastes will cease to be waste, when they have been subjected to an operation, including recycling, recovery and meet the specific criteria that are developed, in accordance with the following conditions:

- a) the substance or object is normally used for specific purposes;
- b) there is a market or a demand for said substance or object;
- c) the substance or object satisfies the technical requirements for the specific purposes, and complies with the existing legislation and the standards applicable to the products; Y
- d) the use of the substance or object will not generate global adverse impacts on the environment or health.

The criteria shall include limit values for polluting substances when necessary and shall take into account any possible harmful environmental effects of the substance or object. "

With the rise of the circular economy and the progressive abandonment of the linear economy (produce-use-pull), secondary raw materials take on special importance. The valorization and the use of the generated byproducts become the backbone of this philosophy.

Providing professionals in the primary sector, the farmer, training and information on the advantages and disadvantages of the use of this subproduct is key to its social acceptance and if this were achieved, we would be aligned in line with the 'European Strategy of a Sustainable Bioeconomy ', which advocates the conversion of waste streams into value-added products to improve production and efficiency in the sustainable use of resources.

INDICE:

1. INTRODUCCION	
1.1. Definición de buenas prácticas y conceptos inherentes	8
1.1.1. Necesidad y oportunidad de elaboración de la Guía.....	8
1.1.2. A quien va dirigida.....	9
1.1.3.Cuál es su alcance.....	9
1.2. Situación actual de la valorización de compost y lodos de EDARs.....	9
1.3. Conceptos generales sobre el compost y los lodos de EDAR.....	13
1.4. El suelo agrícola	16
2. INCIDENCIAS/RIESGOS AGRICOLAS Y AMBIENTALES.....	24
3. BUENAS PRACTICAS AGRICOLAS Y MEDIOAMBIENTALES.....	36
4. NORMATIVA DE REFERENCIA.	
4.1. Normativa autonómica.....	69
4.2. Normativa Estatal.....	69
4.3. Normativa Europea.....	69
5. CONCLUSIONES.....	70
6. ANEXOS.	
6.1. Balance nitrogenado.....	71
6.2. Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes: Compost a partir de lodos de EDAR.....	77
7. GLOSARIO.....	82
8. BIBLIOGRAFIA.....	84

1. INTRODUCCION

1.1. Definición de buenas prácticas y conceptos inherentes.

En general el concepto de “buenas prácticas” se refiere a toda experiencia que se guía por principios, objetivos y procedimientos apropiados o pautas aconsejables que se adecuan a una determinada perspectiva normativa o a un parámetro consensuado, así como también toda experiencia que ha arrojado resultados positivos, demostrando su eficacia y utilidad en un contexto concreto.

Las buenas prácticas agrícolas (del inglés Good agricultural practice GAP) son los métodos específicos, que una vez aplicados a la agricultura, producen alimentos para el consumo o el procesado de forma segura y saludable.

Las Buenas Prácticas Ambientales se pueden definir como aquellas acciones que pretenden reducir el impacto ambiental negativo que causan los procesos productivos a través de cambios en la organización de los procesos y las actividades. La implantación de Buenas Prácticas Medioambientales debe ser asumida por la empresa, entendida en su globalidad, previamente a su aplicación.

La utilidad de las Buenas Prácticas se debe a su simplicidad y bajo coste, así como a los resultados rápidos que se obtienen, son muy útiles y sencillas de aplicar.

1.1.1. Objetivos, Necesidad y oportunidad de elaboración de la Guía

El seguimiento de esta guía es voluntario, tan solo pretende ser un instrumento a disposición de los agricultores. El ámbito de aplicación de esta Guía comprende principalmente al sector primario agrícola. El conjunto de obligaciones y recomendaciones que se incluyen en la misma, pretenden dar cumplimiento a los preceptos incluidos en punto 4 (*Normativa de referencia*).

Se pretende dar una serie de recomendaciones. Los objetivos principales serían dos tipos:

AGRICOLAS

- Mejorar la calidad de los suelos (estructura, composición, ajustando sus nutrientes y su pH) .
- Aportar pautas sobre las labores más apropiadas para rentabilizar la inversión económica que supone realizar una enmienda, y que ésta se refleje en un aumento de los ingresos de la explotación.

MEDIOAMBIENTALES

- Reducir al mínimo los riesgos de contaminación, con agentes químicos (MO,NPK) o microbiológicos.
- Señalar pautas que garanticen las mejores condiciones higiénicas sanitarias de los trabajadores y de las explotaciones agrícolas.
- Realizar de la manera más sostenibles y respetuosa con el medio ambiente, las operaciones conexas: recepción, almacenamiento, esparcido e incorporación de lodos y compost (LC).

1.1.2.A quien va dirigida.

Esta Guía de buenas prácticas está dirigida a los profesionales del sector agropecuario ecológica con el fin de dotar al sector de una base de conocimiento y pautas a seguir para el desempeño de una adecuada gestión sostenible de su actividad, minimizando los posibles impactos ambientales asociados a la valorización agronómica de lodos y compost de EDARs, mediante la aplicación de diferentes Buenas Prácticas Agrícolas y Ambientales.

1.1.3.Cuál es su alcance.

Con la presente Guía se pretende aportar llegar a todo el sector agropecuario de Andalucía, por lo que tendremos en cuenta su reciente Orden de Valorización de lodos así como otras normativas de esta CCAA ya vigentes, no obstante, las pautas pueden trasladarse a otras zonas geográficas, siempre que se tengan en consideración las legislaciones autonómicas que allí sean de obligado cumplimiento.

1.2. Situación actual de la valorización de compost y lodos de EDARs.

La eliminación de los residuos, tanto los sólidos como los procedentes de la depuración de las aguas residuales urbanas (lodos), constituye un problema de primer orden en nuestros días, existiendo una tendencia general para reducirlos, reciclarlos y reutilizarlos de manera respetuosa con el medio ambiente.

La tendencia en la gestión de los residuos urbanos es la del reciclado, por lo que durante los últimos años se ha potenciado especialmente su valorización agrícola como abono o enmienda del suelo, pues existe el consenso general entre los expertos de que muchos de los problemas

que afectan a los suelos (la erosión, la dependencia de productos químicos y las carencias orgánicas, minerales y microbianas) podrían paliarse en gran medida con el reciclado de estos compuestos.

La utilización de lodos de depuradora en actividades agrícolas debe realizarse teniendo en cuenta una serie de consideraciones previas, ya que debido a sus diversos orígenes y a sus componentes (como metales pesados), podrían dañar el suelo, las plantas, los animales y en última instancia al ser humano, por lo que el uso correcto de estos residuos es fundamental

Los lodos residuales de depuración son los procedentes de todo tipo de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas o industriales, así como los provenientes de fosas sépticas y de otras instalaciones de depuración utilizadas para el tratamiento de aguas residuales.

Los lodos se caracterizan por ser un residuo extremadamente líquido (más de un 95% de agua). Su composición es variable y depende de la carga de contaminación del agua residual inicial y de las características técnicas de los tratamientos llevados a cabo en las aguas residuales.

Las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) son productoras de lodos y ,como tales productoras de residuos ,deben asegurar su correcta gestión, bien directamente o a través de gestores autorizados.

La UE aprobó en junio de 1986 la Directiva 86/278/CEE, de 12 de junio, relativa a la protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos, en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura, contemplándose un plazo de tres años, que finalizaba en 1989, para que los países miembros incorporaran a sus respectivas normativas las directrices de aquella u otras más restrictivas. El objeto principal de esta Directiva es regular la utilización de los lodos de depuradora en agricultura de modo que se eviten efectos nocivos en los suelos, en la vegetación, en los animales y en el ser humano, al mismo tiempo que se estimula su correcta utilización. Esta Directiva se transpone al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 1310/1990 de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de lodos de depuradoras en el sector agrícola. Asimismo, este Real Decreto impone una serie de disposiciones administrativas sobre el control de la producción y comercialización de los lodos tratados, que deberán ser controladas por las CC.AA. y paralelamente crea el Registro Nacional de Lodos adscrito al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, siendo todo ello regulado por la Orden Ministerial de 26 de octubre de 1993 (BOE 5 de noviembre de 1993) sobre utilización de lodos de depuradoras en el sector agrario.

A lo largo del tiempo se han ido mejorando los sistemas de información sobre la gestión de los lodos y la mejora del control sobre su destino final, en el intento de proteger el medio ambiente y, especialmente, el suelo. Uno de esos destinos es la aplicación en la agricultura. Respecto a esta última, se promulgó la Orden AAA/1072/2013, de 7 de junio, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario:

- Exigencia de que todo lodo destinado a la agricultura sea tratado previamente por vía biológica, química o térmica para lograr una reducción significativa de su poder de fermentación y de los posibles inconvenientes sanitarios de su utilización.

- Lodos que pueden o no utilizarse en las tierras agrarias.

- Épocas en las que se prohíbe la aplicación de lodos tratados.

- Concentraciones de metales pesados permitidas en los lodos, en los suelos para que puedan aplicarse en ellos, así como las cantidades máximas de metales pesados aplicados por hectárea y año.

La información que las CC.AA. deben remitir anualmente, para su inclusión en el Registro Nacional de Lodos deberá incluir, entre otros aspectos, los siguientes:

- Documentación expedida sobre toda la partida de lodos tratados.

- La composición y características de los lodos producidos y los destinados a la actividad agrícola.

- El tipo de tratamiento realizado a los lodos.

- Los municipios donde se aplicaron los distintos tipos de lodos.

En Andalucía , la Orden de 22 de noviembre de 1993 establecía entre sus objetivo : *“ la creación del registro de lodos de la comunidad autónoma, adscrito a la Consejería de Agricultura y Pesca, por el que se disponía la información necesaria que deberán facilitar los entes locales y demás entidades titulares de estaciones depuradoras de aguas residuales, así como las entidades explotadoras de lodos para el sector agrario, mediante la cumplimentación de determinados Anexos que contienen como datos más relevantes la información sobre la calidad de los lodos tratados de depuradora y la relación de municipios de ubicación de las zonas agrarias en las que se aplican dichos lodos”* (BOJA,Nº 137, 1993)

El Decreto 73/2012, de 22 de marzo, aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía, buscaba *“desarrollar el régimen jurídico regulador de la producción, posesión y gestión de los residuos recogido en la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, y además prevenir la generación de residuos y fomentar la prevención, la preparación para la reutilización, el reciclado y otras formas de valorización”*. (BOJA,nº81,pag.74,2012)

La tendencia de gestión de los residuos urbanos es la del reciclado frente a otros destinos, por lo que durante los últimos años se ha potenciado especialmente su valorización agrícola como abono o enmienda del suelo, pues existe el consenso general entre los expertos de que muchos de los problemas que afectan a los suelos del planeta (la erosión, la dependencia de productos químicos y las carencias orgánicas, minerales y microbianas) podrían paliarse en gran medida con el reciclado de estos compuestos.

La anterior queda derogada Recientemente se ha publicado ***Orden de 6 de agosto de 2018, conjunta de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural y de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por la que se regula la utilización de lodos tratados de depuradora en el sector agrario*** . (BOJA, nº 156 13 de agosto de 2018 página 10)

No obstante, no debe olvidarse que con la aplicación de las tecnologías de depuración de aguas residuales lo que tiene lugar es una transferencia de los elementos contaminantes del agua al lodo, que es el subproducto resultante de la depuración y al que habrá que buscar un destino posterior en función de los contaminantes que contenga. Entre los destinos de los lodos, las soluciones más extendidas a nivel mundial son los vertederos controlados, incineración y el uso agrícola. Cuando el objetivo de la eliminación de los lodos es a través de uso agrícola, tal y como se ha comentado anteriormente, existe una regulación, internacional y a nivel europeo, en la que se contemplan las limitaciones de la aplicación agrícola de estos residuos en función de sus niveles de elementos contaminantes, especialmente metales pesados ,asi como su alto contenido en nitrógeno.

En los últimos años, los países desarrollados han prestado una atención prioritaria a la depuración de sus aguas residuales y, concretamente en España, desde hace más de veinte años, el número de plantas de depuración de aguas residuales ha crecido espectacularmente, pudiendo afirmarse que, en estos momentos, las principales ciudades tienen, desde hace algún tiempo, instalaciones de depuración, las cuales están generando un producto conocido como lodo, al cual es preciso encontrar un destino adecuado. El uso agrícola de lodos de estaciones depuradoras urbanas es la alternativa con mayor número de defensores, pues ello lleva consigo el concepto de reutilización, lo que implica que la consideración de materia prima y,

por tanto, la asignación de un valor económico al subproducto resultante de la depuración de las aguas residuales. Ello, unido al problema existente en la agricultura de nuestros días en relación con el drástico descenso de materia orgánica de los suelos, principalmente en las regiones áridas y semiáridas, ha permitido que en España, como en el resto de países de tradición agrícola, la aplicación de lodos de depuradora en la agricultura ha venido siendo una práctica habitual, habiéndose incrementado su consumo en los últimos años. Dado que la concentración de metales pesados en los lodos se encuentra limitada a través de la normativa existente, si se utilizan como fertilizantes en los terrenos con dosis de aplicación superiores a las admisibles, considerando no solo la concentración de metales pesados en los lodos sino teniendo también en cuenta la concentración de metales pesados en los suelos receptores y la cantidad de metales pesados que pueden aplicarse por unidad de superficie en un periodo de diez años. Todo ello, tiene por objeto que la utilización de lodos como fertilizante en los terrenos no supere una aportación de metales pesados al suelo superior a las admisibles.

No obstante, la utilización de lodos en agricultura no debe efectuarse únicamente bajo el criterio del contenido de metales pesados, como así se recoge en la normativa, pues ello nos puede llevar a situaciones agronómico-medioambientales negativas debidas a aplicaciones excesivas de nutrientes y materia orgánica, no conforme con los códigos de buenas prácticas agrícolas. Utilizar lodos tratados con fines agrícolas de manera compatible con la protección del medio ambiente, así como de la salud de las personas y de los animales, se considera una alternativa con bastantes posibilidades en nuestro país.

1.3. Conceptos generales sobre el compost y los lodos de EDAR.

APLICACIÓN DIRECTA DE LODOS: La aplicación directa de los lodos se emplea para mejorar las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo receptor gracias al aporte de los tres principales elementos fertilizantes: N-P-K, (aunque el lodo de depuradora urbana, por sus características, presente un bajo porcentaje de K), y al aporte de humedad y materia orgánica. Así, se asegura un incremento de la capacidad de adsorción e inmovilización parcial de los componentes del suelo, permitiendo que el sistema actúe con elevada capacidad de amortiguación. Así se favorece la asimilación de los nutrientes, se incrementa la retención de agua permitiendo un mayor enraizamiento y mejorando la textura y estructura del horizonte cultivable. Esto nos conduce hacia una reducción de la escorrentía y, por lo tanto, de la erosión superficial.

Además, la aplicación de estos lodos reduce el empleo de fertilizantes de origen químico lo que supone una disminución del riesgo de contaminación por nitratos en el perfil del suelo

debido a que el aporte de nitrógeno que se realiza es de origen orgánico, y se irá liberando de manera progresiva a medida que se vaya mineralizando.

En el ámbito económico, las reducciones de las ayudas europeas a la agricultura, la disminución generalizada en el precio de venta de los cultivos agrícolas y el incremento en los costes de producción han hecho que el margen de beneficio sea cada vez más reducido, hasta el punto de que en muchos casos no se llega ni a cubrir costes. Por ello, año tras año los agricultores buscan reducir los costes, que son fundamentalmente el combustible y el abono utilizado.

Sobre el primero de ellos es muy complicado actuar, sin embargo sobre el segundo sí se pueden plantear otras opciones. Una de ellas es la utilización de los lodos de depuradora, que aunque haya que aplicar un mayor volumen al suelo por su menor potencial fertilizante, tienen un precio mucho más reducido que permite conseguir resultados similares con un importante ahorro en el coste.

COMPOSTAJE: Consiste en acelerar los procesos naturales de fermentación de la materia orgánica, en presencia de oxígeno, mediante un control de la proporción de nutrientes, de la temperatura y la humedad del proceso. De esta manera se obtiene el compost, producto orgánico totalmente estabilizado que se puede utilizar como fertilizante y corrector de suelos. Para poder compostar los lodos, dado su contenido de humedad, es necesario aportar un material orgánico estructurante (restos de poda u otro estructurante), pues de lo contrario es imposible garantizar la presencia de oxígeno en el proceso. Además aportan otros nutrientes al compost, por lo que se mejora notablemente su calidad.

El compost presenta una serie de ventajas frente a la aplicación directa de los lodos, entre ellas se encuentran las siguientes:

- El compost es una excelente enmienda orgánica de suelos, mejorando sus propiedades físicas (estabilidad, porosidad, permeabilidad) y químicas (actividad biológica).
- El compost facilita la retención de humedad en el suelo.
- Dada la temperatura a la que se produce el compost (entre 60 y 70 °C), se garantiza la destrucción de los gérmenes que pudiera haber en la materia orgánica.
- El compost, una vez producido, puede almacenarse durante períodos de tiempo suficientemente largos.
- El compost es más fácil de manejar que los lodos.
- El transporte desde el centro de producción (planta de compostaje) es más barato que el de lodos (se transporta menos agua).

- Las instalaciones de compostaje pueden tratar conjuntamente o en líneas diferentes, diferentes flujos de residuos orgánicos.

- El compost puede aprovecharse para otros usos además de la agricultura, como restauración de espacios degradados, revegetación de obra pública, recubrimiento de vertederos,...

No obstante, la producción de compost también conlleva una serie de inconvenientes, principalmente de índole económica, como son:

- Elevado coste de las instalaciones y de su gestión.

- Alto coste del transporte desde la EDAR a la planta de compostaje.

El proceso de compostaje se divide en cuatro etapas :

Primera etapa, **Mesófila**: Al inicio del proceso biológico bacteriano, ocurre una bajada del pH, por debajo de 5,5 y la temperatura de la pila no sufre grandes variaciones, permaneciendo a temperatura ambiente. La flora microbiana mesófila se reproducirá rápidamente, lo que conllevará la producción de ácidos orgánicos y la progresiva subida de temperatura ,que dará el paso a la etapa termófila.

Segunda etapa, **Termófila**: La temperatura subirá hasta los 70 °C, a raíz de la fermentación iniciada en la etapa mesófila , empujando a las bacterias formadoras de esporas y los actinomicetos, a los hongos, las bacterias lácticas y levaduras que crecieron en fase anterior. Por las altas temperaturas y la fermentación, el pH se elevará hasta 8(alcalino), en consecuencia el nitrógeno se convertirá en NH₃(Amoniaco).Se destruirán semillas y patógenos. Gran demanda de O₂ (oxígeno).

Tercera etapa, **Enfriamiento**: Una vez consumidos y degradados la masa compostable , bajará la temperatura(60°C) y los actuarán los hongos responsables de la degradación de la celulosa, hemicelulosa y la lignina, produciendo materias húmicas. El Ph se mantiene estable y disminuye la DBO. Al final de esta etapa la temperatura baja a 40 °C, los organismos mesófilos retoman su actividad ,y bajando el pH a valores más neutros.

Cuarta etapa, **Maduración**: La etapa de maduración del compost, estará caracterizada por una estabilización de las estado físico-químicas. Un indicador importante es que la temperatura se mantendrá constante. Se deberán realizar los test de maduración para corroborar que el proceso de compostaje ha finalizado. Suele durar varios meses , durante los cuales se produce una condensación y polimerización del humos. Los volteos servirán para homogeneizar la mezcla y su temperatura, a fin de eliminar el excesivo calor, controlar la humedad y aumentar la porosidad de la pila para mejorar la ventilación. Después de cada volteo, la temperatura desciende del orden de 5 a 10 °C, subiendo de nuevo en caso de que el

proceso no haya terminado, ya que la temperatura disminuye si el oxígeno no es suficiente o se agota la fuente de C.

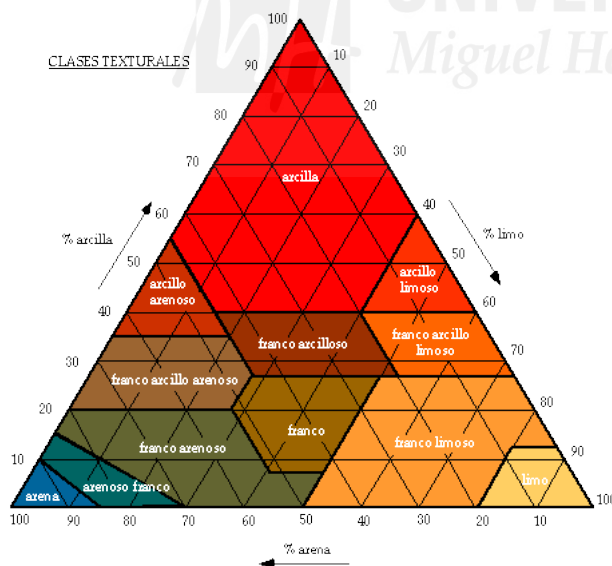
1.4. El suelo agrícola

Los suelos agrícolas son la consecuencia, tanto de la meteorización o modificación de las rocas por los factores climáticos como de la descomposición de las materias procedentes de los seres vivos asociados con él.

ASPECTOS FÍSICOS DEL SUELO

Textura.

Textura de un suelo es combinación y distribución de diferentes tamaños de las partículas elementales que lo forman. Con arreglo al tamaño y con ayuda del triángulo de textura se determina exactamente el tipo de suelo.



Fuente : Edgar García, 29 jul. 2015

De forma general y considerando sólo en el contenido de arcilla del suelo, se puede clasificar en:

Suelo arenoso arcilla inferior al 10%

Suelo franco arcilla entre 10-30%

Suelo arcilloso arcilla superior al 30%

La textura influye decisivamente en el comportamiento del suelo respecto a su capacidad de retención de agua y nutrientes, su permeabilidad (encharcamiento, riesgo de lixiviación de agua y nitrógeno, etc.) y su capacidad para descomponer la materia orgánica.

Los suelos arenosos, sueltos, tienen pocos poros y grandes, están bien aireados, son permeables y pueden almacenar poca agua y nutrientes. Los suelos arcillosos, fuertes, con muchos más poros pero más pequeños, son más compactos, menos permeables y pueden retener una mayor cantidad de agua y elementos químicos. Su fertilidad es, por tanto, más elevada.

Presencia de partículas gruesas y piedras.

Las partículas gruesas no se tienen en consideración a los efectos de determinar la textura del suelo. Dado su carácter, no influyen por sí misma en la retención y suministro de agua y nutrientes del suelo.

Estructura

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados.

La evolución natural del suelo produce una estructura vertical estratificada a la que se conoce como perfil. Las capas que se observan se llaman horizontes y su diferenciación se debe tanto a su dinámica interna como al transporte vertical.

El transporte vertical tiene dos dimensiones con distinta influencia según los suelos:

- La lixiviación o lavado, que la produce el agua que se infiltra y penetra verticalmente desde la superficie, arrastrando sustancias que se depositan sobre todo por adsorción.
- El ascenso vertical por capilaridad, importante sobre todo en los climas donde alternan estaciones húmedas con estaciones secas.

Horizontes del suelo:

- I. Horizonte O (capa superficial del horizonte A). Es la parte más superficial del suelo, formado por hojas, ramas y restos vegetales.
- II. Horizonte A (zona de lavado vertical). Es el más superficial y en él enraíza la vegetación herbácea.
- III. Horizonte B (zona de precipitados). Carece prácticamente de humus. En él se depositan los materiales arrastrados desde arriba.
- IV. Horizonte C. Está constituido por la parte más alta del material rocoso in situ, sobre el que se apoya el suelo, más o menos fragmentado por la alteración mecánica y química.
- V. Horizonte D (roca madre). Es el material rocoso que no ha sufrido ninguna alteración química o física significativa.

De la estructura del suelo depende que las raíces del cultivo penetren adecuadamente en el suelo, que circule bien el aire y el agua, y que sea más o menos intensa la vida microbiana del suelo.

La estructura es siempre más fácil de modificar que la textura. Cuando las labores se hacen con el tempero adecuado la estructura del suelo se mantiene. Para mejorar la estructura del suelo se recomienda incorporar los restos de las cosechas.

Porosidad. Capacidad de almacenamiento de agua.

Se define como el espacio de suelo que no está ocupado por sólidos y se expresa en porcentajes. Se define también como la porción de suelo que está ocupada por aire y/o por agua. En suelos secos los poros estarán ocupados por aire y en suelos inundados, por agua. Los factores que la determinan son principalmente la textura, estructura y la cantidad de materia orgánica (*Donoso, 1992*).

Los poros que constituyen el espacio poroso del suelo se encuentran en un rango continuo de tamaño, sin embargo se dividen usualmente en dos tipos: los macroporos y los microporos o poros capilares. La tasa de movimiento del agua y del aire a través del suelo es determinada, en gran medida, por el tamaño de los poros. Los macroporos facilitan una rápida percolación del agua y el movimiento del aire, en tanto que los microporos dificultan el movimiento del aire y retienen gran cantidad de agua por capilaridad; por consiguiente, los microporos son

muy importantes en lo que se refiere a la retención del agua en el suelo, y los macroporos son de gran valor en lo que se refiere a la aireación y al drenaje interno del suelo. (Donoso, 1992).

Densidad.

La relación entre la masa de un volumen de tierra y la de ese mismo volumen es lo que nos da la densidad del suelo. Si ese volumen es tal como se presenta en el terreno (incluye la porosidad) tenemos la densidad aparente y si el volumen es el que realmente ocupan en estado seco sus componentes sólidos, tendremos la densidad real.

La densidad real suele ser aproximadamente de 2,65 g/cm³ y las densidades aparentes suelen ser: para suelos arcillosos de 1,2 a 1,3; para suelos limosos de 1,3 a 1,4 y para suelos arenosos de 1,4 a 1,5. Hay una relación entre la densidad aparente y la porosidad: a menor densidad aparente, mayor porcentaje de porosidad y viceversa.

Consistencia.

“La consistencia: es la característica física que gobierna las fuerzas de cohesión-adhesión, responsables de la resistencia del suelo a ser moldeado o roto.

Dichas fuerzas dependen del contenido de humedades, y es por esta razón que la consistencia se debe expresar en términos de seco, húmedo y mojado.

Se refiere a las fuerzas que permiten que las partículas se mantengan unidas; se puede definir como la resistencia que ofrece la masa de suelo a ser deformada o amasada.

Las fuerzas que causan la consistencia son: cohesión y adhesión”

(Carlos Guerrero, República Bolivariana de Venezuela, Instituto Universitario de Tecnología Agro Industrial.2007).

Color.

El color del suelo agrícola puede ser un dato orientativo sobre los componentes del suelo.

Referencias de colores del suelos y a qué puede ser debido:

- Los colores blanquecinos pueden ser por la presencia de arena, caliza o yeso
- Los suelos de colores oscuros suelen tener altos contenidos de materia orgánica y óxidos de hierro.
- Los grises-verdosos pueden tener falta de drenaje.
- Los suelos pardos rojizos presuponen una adecuada permeabilidad.

Temperatura del suelo.

La temperatura del suelo depende de la intensidad de la radiación solar recibida, que está condicionada por los siguientes factores: el ángulo de incidencia de los rayos solares; la nubosidad; el color del suelo; el contenido de agua y la cubierta vegetal.

ASPECTOS QUÍMICOS DEL SUELO

Propiedades adsorbentes. Capacidad de intercambio catiónico.

“Los suelos son capaces de adsorber muchas de las sustancias que, en forma de iones o moléculas, entran en contacto con ellos (agua, nutrientes, metales pesados, fungicidas, plaguicidas, herbicidas, etc.). Por lo tanto, en la solución del suelo existen iones, unos con carga positiva (cationes) y otros con carga negativa (aniones) y son retenidos por las partículas del suelo debido al poder adsorbente del mismo y a esto es a lo que se llama intercambio de iones, que puede ser de aniones o de cationes (muy particularmente cationes). Se llama capacidad de intercambio catiónico (CIC) a la cantidad total de cationes que el suelo o las partículas que lo componen es capaz de adsorber.

La capacidad del suelo de adsorber iones tiene una función fundamental que es la de servir de almacén de cationes y aniones precisos para la nutrición de las plantas. El anión nitrato, casi no es retenido y por esto puede haber pérdidas por lavado, mientras que el fosfato es adsorbido fuertemente y no hay peligro de pérdidas por lavado”

(Suelo, riego, nutrición y medio ambiente en el olivar / [autores: Francisco García Zamora... et. al.] Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación, 2010)

La materia orgánica en los suelos agrícolas.

De los niveles de materia orgánica dependerá ,de gran medida ,la productividad del suelo.

La materia orgánica se presenta en el suelo a raíz de la actividad de todos los seres vivos (animales, vegetales y microorganismos) . Es un ciclo, donde la que hay, debida a la vida que hubo, servirá para que puedan desarrollarse la vida que presente y futura.(*Francisco García Zamora,2010*).

La conversión de la materia orgánica fresca en nutrientes asimilables por la planta es consecuencia de, por una parte, su mineralización directa y rápida y, por otra, de la formación de humus y posterior mineralización lenta. (Francisco García Zamora, 2010).

El exceso de actividad agrícola, rotaciones de cultivos abusivas influirán de manera determinante en los niveles de materia orgánica, haciendo que estos bajen hasta niveles de improductividad, su fertilidad.

La salinidad del suelo.

*“La **salinidad** de un suelo se define como la concentración de sales solubles que existe en la solución del suelo. Las sales que entran en el suelo (por riego y/o otro origen) se concentran como resultado de la evaporación y transpiración de la planta. Esta concentración de sales en la solución del suelo produce un aumento del potencial osmótico del agua del suelo. Este incremento afecta a la absorción del agua por las plantas de forma que las plantas y los cultivos deben consumir una energía extra para poder extraer el agua de la solución del suelo en el que se concentran las sales.*

Se define como salinización del suelo al conjunto de procesos mediante los cuales se acumulan las sales solubles en la solución del suelo. Estos procesos pueden darse de forma natural en zonas deprimidas topográficamente, suelos pobremente drenados, y/o clima árido, semiárido o seco-subhúmedo donde la evaporación supera a la precipitación.

A la salinización primaria o natural se le une la salinización secundaria debida a la acción del hombre. Esta salinización secundaria se debe principalmente a los aportes de sales al suelo en las aguas de riego, los fertilizantes, así como al ascenso de sales por elevación de los niveles freáticos.

Los principales cationes y aniones que componen las sales solubles que dan lugar a la salinidad del suelo son:

- *Cationes: sodio (Na⁺), calcio (Ca²⁺), magnesio (Mg²⁺), potasio (K⁺).*
- *Aniones: cloruro (Cl⁻), sulfato (SO₄²⁻), nitrato (NO₃⁻), bicarbonato (HCO₃⁻).”*

(Rader et al. 1943)

*“La **sodicidad** del suelo es la acumulación de sales con elevado contenido del ión sodio (Na⁺) en la solución y en el complejo de cambio del suelo. El complejo de cambio del suelo está formado principalmente por las partículas coloidales de arcilla y de materia orgánica del suelo. Este complejo de cambio condiciona la estructura física del suelo y también sirve de regulador de los nutrientes en la solución del suelo. Un exceso de sodio en el complejo de cambio en relación al contenido de calcio y magnesio es el causante de la sodicidad del suelo. Una elevada sodicidad en estado de baja salinidad produce una impermeabilización del suelo, lo que ocasiona problemas de encharcamiento del suelo y falta de aireación del sistema radicular” .(Rader et al. 1943).*

La toxicidad específica es causada por los excesos de salinidad y sodicidad. La toxicidad ocurre cuando se acumulan ciertos elementos en los tejidos de la planta en concentraciones peligrosas. Los elementos principales que pueden producir toxicidad son el sodio, el cloruro, y el boro. Los síntomas de toxicidad se observan principalmente en las hojas, con necrosis, pérdida del color verde, llegando a la defoliación.

Más adelante se desarrollara este punto en *“Pautas de interpretación de análisis de suelo”*

ASPECTOS BIOLÓGICOS. MICROORGANISMOS

Es interesante resaltar los criterios de los siguientes tres autores :

“La existencia, en los suelos agrícolas, de macro y microorganismos vivos que cumplen, como función principal, descomponer la materia orgánica y convertirla en humus, el cual se combina con la parte mineral del suelo y forma los compuestos órgano- minerales, de alta actividad química y físico-química. Los organismos vivos del suelo necesitan de aire, agua y calor, los cuales son proporcionados, en dependencia de las propiedades físicas del suelo”. (Miranda,2009)

“Un suelo naturalmente fértil es aquél en el que los organismos edáficos van liberando nutrientes inorgánicos, a partir de las reservas orgánicas, con velocidad suficiente para mantener un crecimiento rápido de las plantas. La actividad biológica de los suelos es la resultante de las funciones fisiológicas de los organismos y proporciona a las plantas superiores un medio ambiente adecuado para su desarrollo. Los suelos contienen una amplia variedad de formas biológicas, con tamaños muy diferentes, como los virus, bacterias, hongos, algas, ácaros, lombrices, nematodos, hormigas y, por supuesto, las raíces vivas de las plantas superiores. La importancia relativa de cada uno de ellos depende de las propiedades del suelo. Las bacterias son organismos procariotas unicelulares; la mayor parte de ellas presenta forma esférica cocos o de bastón bacilos y son importantes debido a que algunas realizan funciones específicas como la oxidación del amoníaco a nitratos, mientras que otras intervienen en el proceso general de descomposición de materiales orgánicos” (SciELO. ,2009).

“Las propiedades biológicas del suelo son muy importantes, ya que está constituida por la microfauna del suelo, como hongos, bacterias, nematodos, insectos y lombrices, los cuales mejoran las estado del suelo acelerando la descomposición y mineralización de la materia orgánica, además que entre ellos ocurren procesos de antagonismo o sinergia que permite un balance entre poblaciones dañinas y benéficas que disminuyen los ataques de plagas a las plantas”. Rico A. (2009).

Transformaciones microbianas del nitrógeno, fósforo, potasio y azufre.

El nitrógeno se presenta en el suelo en forma orgánica y en forma mineral. En forma orgánica no puede ser absorbido por la planta sino que debe convertirse en nitrógeno mineral y éste en ión nitrato, y de esta manera si es asimilable. La mineralización del nitrógeno orgánico a mineral tiene las siguientes fases:

- i. Aminificación, conversión por bacterias y hongos aerobios de las proteínas en aminas y aminoácidos.
- ii. Amonificación, conversión de aminas y aminoácidos en compuestos amoniacales.
- iii. Nitritación, el amoniaco es transformado en nitritos por las bacterias nitrosomonas.
- iv. Nitratación, los nitritos pasan a nitratos por las bacterias nitrobáctér.

También puede ser fijado en nitrógeno atmosférico por microorganismos libres (azotobáctér) y por bacterias en simbiosis con plantas superiores (Rhizobium).

El fósforo también se aparece en el suelo en manera orgánica o mineral. Los microorganismos influyen sobre el fósforo de la siguiente manera: los compuestos minerales insolubles son convertidos en solubles para que puedan ser absorbidos por las plantas. Los orgánicos se transformaran en minerales asimilables. También a la inversa podrían transformarse los minerales asimilables en minerales no asimilables.

Al igual que el nitrógeno y el fósforo se presenta el potasio en el suelo, pero el potasio orgánico no tiene los mismos inconvenientes que los otros elementos y solamente una tercera parte del potasio orgánico precisa de la acción de los microorganismos para ser asimilable.

Con el azufre ocurre como con el nitrógeno, una fracción importante está en forma orgánica y precisa una conversión para ser asimilable. En estado normal el azufre orgánico pasa a sulfato, forma asimilable por las plantas. El azufre inorgánico se oxida a formas asimilables por las bacterias de la familia Tiobacillus ,y otras bacterias y hongos. El ácido sulfhídrico subirá la acidez del suelo y de ahí el acidificador de los fertilizantes que contienen azufre.

Micorrizas.

Son asociaciones simbióticas entre hongos microscópicos del suelo y las raíces de gran parte de las plantas. El hongo es capaz de absorber nutrientes minerales (especialmente fosfatos) y transportarlos a la planta, y está cede al hongo carbohidratos, proteínas y vitaminas El fósforo es el principal nutriente que es absorbido por las micorrizas, cuya mayoría está en forma insoluble en el suelo y por tanto no asimilable por la planta, aprovechándose al ser transferido por el hongo

2. INCIDENCIAS /RIESGOS AGRICOLAS Y AMBIENTALES:

➤ Riesgos de contaminación por metales pesados:

Según Lorenzo Chicón en su Trabajo de investigación del Programa de Doctorado en Ingeniería Ambiental de la Universidad de Málaga "*Especiación de metales pesados en lodos de aguas residuales de origen urbano y aplicación de lodos digeridos como mejoradores de suelos*", indicaba que conviene tener en cuenta el conjunto de factores que determinan la movilidad de los metales pesados en los suelo que se van a tratar:

- pH

A menor pH –suelos ácidos– mayor solubilidad de los metales, y por tanto mayor movilidad de éstos, con lo que se incrementa la toxicidad para las plantas. Un buen remedio para evitar el problema consiste en el control del pH, evitando la aplicación del lodo a suelos ácidos –o que sean susceptibles de recibir vertidos ácidos.

- Contenido de materia orgánica

Los suelos que presentan contenidos de materia orgánica superiores al 5% –situación poco frecuente en nuestro país, donde el contenido medio no suele superar el 1%–, exhiben un nivel relativamente bajo de captura de metales por las plantas, debido a la alta capacidad de complejación de las moléculas orgánicas, especialmente al aumentar el tamaño de éstas. No obstante, a medida que la materia orgánica se degrada, las formas moleculares resultan ser más sencillas, con lo que el proceso de retención de metales disminuye, favoreciendo la lixiviación de los mismos y permitiendo su movilización. Se ha verificado la tendencia a formar complejos con la materia orgánica en Cu y Ni, Cd –la retención de este metal aumenta con el contenido de materia orgánica del suelo o Cr (VI), Hg y Pb –la retención de metal por el suelo depende fuertemente del contenido orgánico–. La adición, durante el proceso de compostaje del lodo, de cenizas volantes o de barros del refinado de la bauxita, "red mud", por su carácter básico y por el elevado poder de adsorción, previene la liberación de metal y mejora la retención del mismo por el suelo.

- Carbón orgánico disuelto

La presencia en las aguas subterráneas de carbón orgánico disuelto procedente del lixiviado de aguas residuales, favorece la formación de complejos con Cd, Ni y Zn, entre otros metales, facilitando la movilidad de los mismos.

- Potencial redox

Las estado reductoras favorecen la solubilización de los metales presentes en los suelos.

- Granulometría del suelo

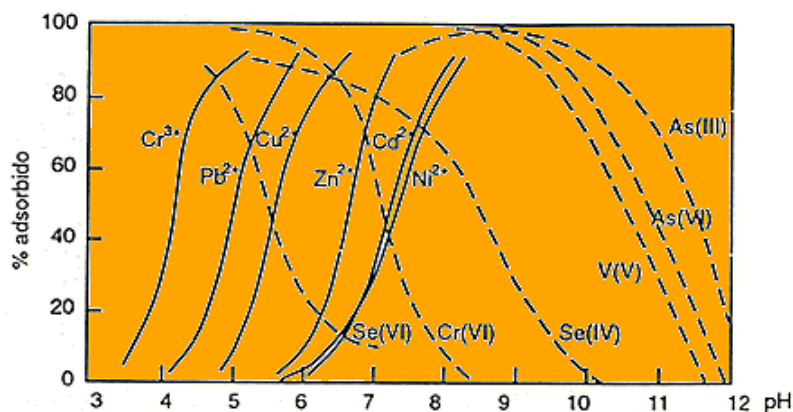
La granulometría del suelo condiciona la captura de metal por las plantas, de modo que una textura arcillosa contribuye a una menor acumulación de metales en las plantas cultivadas en suelos contaminados.

- Suelos calizos

La aplicación de los lodos a suelos calizos mejora la retención de los metales, ya que el proceso de hidrólisis queda contrarrestado por la presencia del carbonato de calcio, el cual previene el descenso del pH impidiendo la movilización de metales y permitiendo la precipitación del carbonato correspondiente.

En el artículo “Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo”,(Carlos Garcia,2002) ,entre sus conclusiones se indicaba :

“La peligrosidad de los metales como contaminantes del suelo hay que buscarla en su biodisponibilidad .Si dicha biodisponibilidad es elevada, la contaminación metálica puede incluso llegar a la cadena trófica e incidir sobre la salud humana. La biodisponibilidad del suelo es casi siempre inversamente proporcional al pH del suelo: menor pH, mayor disponibilidad y peligrosidad”.



Influencia del pH sobre la adsorción de algunos metales y oxianiones metálicos sobre hidróxidos de Fe amorfo. Fuente: Manzione y Merrill (1989)

Por todo lo expuesto anteriormente, el Real Decreto 1310/1990 de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de lodos de depuradoras en el sector agrícola, fija unos para limites para los metales pesados que pueden poseer tanto los lodos como el suelo ,para poder ser aptos

para su valorización agronómica. También fija las cantidades máximas de lodos que podrán aportarse al suelo por hectárea y año serán las que, de acuerdo con el contenido en metales pesados de los suelos y lodos a aplicar no rebasen los valores límites de incorporación de los metales pesados.

Resumiendo se fija el criterio para poder valorizar agronómicamente los lodos, ya sea mediante aplicación directa o compostaje, en función del pH y de la concentración de metales pesados.

Señalar que la Comisión Europea, desde principio de los 90, ha establecido diferentes borradores para la Directiva 86/278/CEE estableciendo límites más restrictivos (MARM, 2009). A continuación las tablas pertenecientes a los anexos I A, I B y I C del Real Decreto 1310/1990:

Valor límite de concentración de metales pesados en los suelos

(mg/kg de materia seca de una muestra representativa de los suelos tal como la define el anexo II C)

Parámetros	Valores límite	
	Suelos con Ph menor de 7	Suelos con Ph mayor de 7
Cadmio	1	3,0
Cobre	50	210,0
Níquel	30	112,0
Plomo	50	300,0
Zinc	150	450,0
Mercurio	1	1.5
Cromo	100	150,0

ANEXO I B

Valor límite de concentración de metales pesados en los lodos destinados a su utilización agraria (mg/kg de materia seca)

Parámetros	Valores límite	
	Suelos con Ph menor de 7	Suelos con Ph mayor de 7
Cadmio	20	40
Cobre	1.000	1.750
Níquel	300	400

Plomo	750	1.200
Zinc	2.500	4.000
Mercurio	16	25
Cromo	1.000	1.500

ANEXO I C

Valores límites para las cantidades anuales de metales pesados que se podrán introducir en los suelos basándose en una media de diez años

(kg/Ha/año)

Parámetros	Valores Límite
Cadmio	0,15
Cobre	12,00
Níquel	3,00
Plomo	15,00
Zinc	30,00
Mercurio	0,10
Cromo	3,00



Riesgos por patógenos

El actual marco normativo, ya sea al autonómico con la recién publicada Orden en Andalucía, o a nivel estatal con el Real Decreto 1310 o la Orden AAA, no marca unos niveles regulativos para la concentración de patógenos. En otros países de la Unión Europea (como Francia por ejemplo), o en EEUU si están marcados unos valores límites. Para evitar una posible intoxicación por patógenos se introdujeron dos prohibiciones:

- a) Aplicar lodos tratados en praderas, pastizales y demás aprovechamientos a utilizar en pastoreo directo por el ganado, con una antelación menor de tres semanas respecto a la fecha de comienzo del citado aprovechamiento directo.
- b) Aplicar lodos tratados en cultivos hortícolas y frutícolas durante su ciclo vegetativo, con la excepción de los cultivos de árboles frutales, o en un plazo menor de diez meses antes de la recolección y durante la recolección misma, cuando se trate de cultivos hortícolas o frutícolas cuyos órganos o partes vegetativas a comercializar y consumir en fresco estén normalmente en contacto directo con el suelo.

No obstante, como excepción, a nivel autonómico en España el País Vasco sí que se establece unos límites para agentes patógenos establecidos en el anexo II B del Decreto 453/2013, de 26 de noviembre, sobre la aplicación de lodos en suelos agrarios de la Comunidad Autónoma del País Vasco .

Tenemos una CCAA que si legislo en este apartado, el País Vasco, que en su Decreto 453/2013, de 26 de noviembre, sobre la aplicación de lodos en suelos agrarios, marcaba los siguientes límites :

Valores límite de organismos patógenos en los lodos, en función del tratamiento que recibieron.

Parámetros	Concentración, para lodos con tratamiento avanzado	Concentración, para lodos con tratamiento no-avanzado
Salmonella spp	Ausencia en 50 g de materia fresca	Ausencia en 25 g de materia fresca
Escherichia coli	1000 UFC/g de materia seca	10000 UFC/g de materia seca
Ascaris sp.	Ausencia de huevos viables	-
Ralstonia solanacearum	Ausencia	Ausencia



Anexo II B :Límites de patógenos establecidos en el Decreto 453/2013 de la Comunidad Autónoma del País Vasco

Los lodos de depuradora debido a su origen fecal humano u otras fuentes biológicas (industria, ganadería etc.), pueden contener gran diversidad de agentes patógenos. Su presencia estará determinada por el origen de las aguas residuales y por el tratamiento realizado a los lodos. Normalmente la estabilización de los lodos reduce considerablemente estos patógenos, aunque continúan presentes. El compostaje de lodos es uno de los métodos más eficaces de eliminación de patógenos, debido a su alto poder de higienización .Los principales tipos de patógenos que se pueden encontrar en los lodos de depuradora son:

Los lodos de son consecuencia de un proceso biológico realizado en la EDAR. Las aguas recepcionadas en la EDAR pueden tener origen urbano o industrial. Pararán por un pretratamiento (desbastes finos y gruesos, desarenados y desengrasados), posteriormente por un tratamiento primario (eliminación sólidos en suspensión),secundario(degradación de la materia orgánica) y finalmente terciario(eliminación de nitrógeno y fósforo ,previo a vertido en cauce público).Es de los decantadores primario y secundario ,de donde se purga los lodos,que pasaran a la línea de tratamiento de fangos. En todo este proceso se reducirán notablemente los patógenos, sin embargo llegar a la eliminación total es prácticamente imposible, por lo que siempre se encontraran concentraciones ,ya sean minimas.El post tratamiento de compostaje garantiza la estabilización e higienización de lodo,de ahí que la tendencia tanto a nivel europeo como estatal, sea promover el reciclaje de fangos de

EDAR, mediante este método de tratamiento biológico. Entre los patógenos contenidos en los lodos encontramos :

Bacterias	Enfermedad
Campylobacter jejuni	Gastroenteritis, diarrea, vómitos
Escherichia coli (enteropatógena)	Gastroenteritis
Legionella	Neumonía
Leptospira spp.	Leptospirosis
Salmonella typhi	Fiebre tifoidea
Salmonella paratyphi	Fiebre paratifoidea
Otras Salmonellas	Salmonelosis, botulismo
Shigella	Shigelosis
Vibrio cholerae	Cólera
Otros Vibrio	Diarreas
Yersinia enterocolítica	Yersinosis
Protozoo	Enfermedad
Entamoeba histolytica	Ulceración colónica, disentería amébrica, absceso hepático
Giardia lamblia	Diarrea, mala absorción
Virus	Enfermedad
Enterovirus (poliovirus)	Poliomielitis, meningitis, rinofaringitis y alteraciones digestivas
Enterovirus (Echo virus)	Meningitis, gastroenteritis, infecciones respiratorias y conjuntivitis
Enterovirus (Coxsackie Virus A)	Meningitis, manifestaciones respiratorias, oculares, digestivas y mucosas
Enterovirus (Coxsackie Virus B)	Meningitis, cardiopatías, manifestaciones cardiovasculares y cutáneas
Enterovirus (Virus hepatitis A)	Hepatitis
Reovirus	Sintomatología no específica
Rotavirus	Gastroenteritis
Adenovirus	Infecciones respiratorias, querato-conjuntivitis y gastroenteritis
Helmintos	Enfermedad (síntomas)
Ascaris lumbricoides	Ascariasis (perturbación respiratoria, digestiva o abdominal)
Ancylostoma duodenale	Anquilostomiasis (anemia)
Ancylostoma spp.	Larva Migrans cutánea
Taenia spp.	Teniasis

Organismo presentes y enfermedades .Perez , Murcia 2008

Gondim-Porto(2013) señalo que “estas presencias de patógenos en los lodos de depuradora y transferidos al suelo pueden llegar a la cadena trófica pudiendo producir diversas enfermedades infecciosas en humanos, ganado y animales silvestres “

Riesgos por resistencias a antibióticos

“La aplicación de lodos de depuradora o biosólidos como fertilizantes es otra vía por la que las bacterias resistentes a antibióticos (ARB) y los genes de resistencia a los antibióticos (ARG) acceden a los agroecosistemas. Se ha demostrado que los biosólidos contienen antibióticos, ARB y ARG, pero los estudios que analizan el impacto de la aplicación de los biosólidos sobre las resistencias a los antibióticos en el suelo son pocos y no proporcionan resultados consistentes. Algunos ensayos sugieren que los ARG presentes en los biosólidos tienen vidas medias que van de 2 semanas a 3 meses en el suelo, por lo que es importante plantear la viabilidad de los mismos a largo plazo para evaluar los efectos. No hay evidencias concluyentes que constaten que la aplicación de los biosólidos al suelo conlleve un aumento persistente en la prevalencia de ARB o ARG “(J. Environ. Qual. 2016).

Riesgos por exceso de nutrientes(toxicidad):

El factor de la toxicidad es quizás el que afecta mayormente el desarrollo de los cultivos, y sin reconocer las causas del desequilibrio, resulta muy difícil corregir el problema. Las principales causas de toxicidad por elementos minerales se deben a la acidez o la alcalinidad del suelo:

- Bajo estado salinas, las toxicidades mas frecuentes se presentan en cloruros, sodio y boro (B); mientras que en los suelos ácidos, las toxicidades más frecuentes están relacionadas con manganeso (Mn) y aluminio (Al). La mayoría de los suelos en zonas áridas o semiáridas presentan elevados contenidos de sales minerales, especialmente

sodio, cloruro, y bicarbonatos de calcio o boro. El efecto nocivo de estos elementos se puede concentrar fácilmente en la zona de las raíces, cuando no existe un drenaje adecuado o cuando el agua de riego contiene también elementos salinos.

Por ello, además de drenar el suelo para evitar la concentración de sales minerales, se deberá realizar un análisis periódico del agua de riego, incluso cuando en riego por aspersión, ya que las plantas pueden absorber las sales minerales a través de las hojas y/o las raíces.

Nota : Mas adelante dedicaremos un apartado a los Riesgos por Salinidad.

Igualmente se deberá cuidar el uso excesivo de nutrientes que aporten salinidad a la solución del suelo, y en lo posible utilizar fertilizantes libres de sodio y cloruros, especialmente cuando se trate de suelos salinos, o el agua aporte un elevado contenido de sales minerales. En este caso, se deberá ajustar la aportación de nutrientes de acuerdo a la calidad del agua.

- Cuando se trate de suelos ácidos, la toxicidad más común se relaciona con nitrógeno, así como manganeso y aluminio. Las causas de acidez del suelo se pueden encontrar en el cultivo intensivo, o bien en exceso de irrigación y aplicación de fertilizantes. Sin duda la aplicación excesiva de nitrógeno en las formas de sulfato de amonio, urea, nitrato de amonio, u otras mezclas que contengan sales de amonio, son generadoras de la acidez del suelo.



Rendimiento en función de la concentración de nutriente en planta. Concentraciones críticas de deficiencia y toxicidad. M.Barbazan .Unv.de Uruguay(1998)

Una dosis elevada de nitrógeno puede generar un exceso de crecimiento de la parte vegetativa mermando el rendimiento agrícola, como en el caso de hortícolas como el tomate, que ve disminuida la producción de frutos cuajados. También, una elevada dosis de nutrientes en el grano de cereales puede generar una disminución de su calidad.

Monica Barbazán en su estudio sobre *Rendimiento en función de la concentración de nutriente en planta (1998)* señalaba que “ algunos casos un exceso de un nutriente conlleva a la deficiencia de otro e incluso puede hacer más vulnerable a los cultivos frente a las plagas”

Pérez Cebrián (2016) en su TFM sobre el “Estudio bibliográfico del uso de lodos de depuradora en suelos agrícolas” menciona un caso observado por Polo y col. (1997) donde

detalla que *“el exceso de nitrógeno disponible para las plantas debido a la aplicación de altas dosis de lodos, que produjo en la planta un exceso de crecimiento vegetativo surgiendo un problema para la captación de luz solar, debido a que las plantas se producirían sombra a ellas mismas”*

Es sabido que la estabilización de los lodos, la cual se inicia en la línea de aguas de EDAR y debe finalizar en la línea de fangos, está relacionada de manera directa con los problemas que estos pueden generar a la nutrición de las plantas ligados a una relación no adecuada de C/N. El resto de nutrientes no llegar a suponer un riesgo debido a que no se presentan en concentraciones elevadas. (Murcia, 2014)

Ayuso, M. en su publicación sobre *“Influencia del grado de madurez del reusado urbano sobre la germinación y disponibilidad de nitrógeno”* (1992) señala que *“para los microorganismos que habitan el suelo la relación C/N es fundamental ya que estos presentan una relación de C/N de 10. Si se añaden enmiendas orgánicas con un alto contenido en carbono, la degradación de la materia orgánica se podría ralentizar, al ser el nitrógeno un factor limitante”*.

CICLO NITROGENO

El nitrógeno en el suelo está sujeto a un conjunto de transformaciones y procesos de transporte que se denomina «ciclo del nitrógeno». En los gráficos adjuntos se presentan los principales componentes y procesos del ciclo, diferenciando los aportes, las reservas y las extracciones o pérdidas.

Debido a las interacciones que existen entre todas las partes de este sistema, para poder reducir la lixiviación de nitrato, sin disminuir apreciablemente la producción de los cultivos, es necesario conocer cómo influyen las prácticas agrícolas, los itinerarios técnicos y los factores ambientales en los diversos procesos de este ciclo. Los principales elementos del ciclo del nitrógeno en los suelos que conviene considerar son:

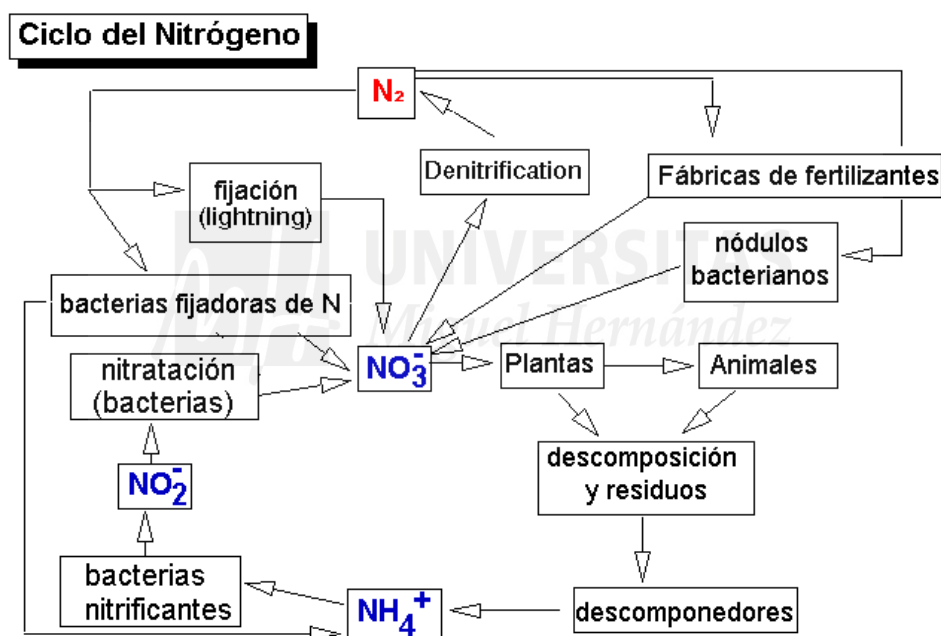
Absorción de nitrógeno por la planta: La absorción de N por la planta constituye una de las partes más importantes del ciclo del nitrógeno en los suelos agrícolas. Esta absorción es la que el agricultor debe optimizar para conseguir una buena producción y un beneficio económico.

Extracción por la cosecha: Del nitrógeno absorbido por la planta, una parte vuelve al suelo después de la cosecha en forma de residuos (raíces, tallos y hojas) y puede ser aprovechado por los cultivos siguientes; otra parte se extrae del campo con la cosecha. Existen datos de la extracción aproximada de nitrógeno por las cosechas, pero estos valores no pueden emplearse directamente para el cálculo del abonado necesario para cada cultivo sin conocer la eficiencia de utilización del nitrógeno fertilizante en cada caso; esta eficiencia es variable en diferentes situaciones. La extracción de nitrógeno por la cosecha sólo da una idea de las necesidades mínimas de nitrógeno que tiene el cultivo.

Mineralización e inmovilización: La mineralización es la conversión del nitrógeno orgánico en amonio (NH_4^+) mediante la acción de los microorganismos del suelo. La

inmovilización es el proceso contrario. Como ambos actúan en sentido opuesto, su balance se denomina mineralización neta. La mineralización neta de la materia orgánica del suelo depende de muchos factores, tales como el contenido en materia orgánica, la humedad y la temperatura del suelo. En climas templados la mineralización neta anual es, aproximadamente, el 1-2% del nitrógeno total, y esto supone una producción de nitrógeno mineral de unos 40 a 150 kg./ha, en los primeros 30 cm del suelo.

Un factor importante a considerar en la mineralización de la materia orgánica que se añade al suelo es su relación C/N, que indica la proporción de carbono (C) a nitrógeno (N). Generalmente, cuando se añade materia orgánica al suelo con una relación de 20-25 o menor, se produce una mineralización neta, mientras que si los valores de este cociente son más altos, entonces los microbios que degradan esta materia orgánica consumen más amonio que el que se produce en la descomposición, y el resultado es una inmovilización neta de nitrógeno (esta regla es solamente aproximada). La relación C/N de la capa arable en los suelos agrícolas suele estar entre 10-12.



Efecto de la materia orgánica del suelo

La materia orgánica participa activamente en todos los procesos físico-químicos que se desarrollan en el suelo e interviene además muy directamente en el ciclo del nitrógeno como acabamos de ver. Por ello queremos incidir especialmente en este componente del suelo porque de su evolución depende enormemente el incremento o disminución del riesgo de contaminación nítrica por lixiviación.

Los factores de abonado y riego no son la causa exclusiva de la contaminación por nitratos de las aguas. Aunque no se aplique nada de fertilizante nitrogenado, se lixivia algo de nitrógeno.

En zonas húmedas con sistemas de producción agrícola no intensiva, la principal aportación de nitrato a la contaminación de las aguas procede de la descomposición de la materia orgánica del suelo, que constituye la reserva más importante de nitrógeno en los suelos de pradera y forestales.

El nitrógeno orgánico es muy estable en el tiempo. A pesar de su estabilidad, pequeños cambios en el contenido en nitrógeno orgánico del suelo pueden suponer la liberación de cantidades elevadas de nitrógeno mineral. Se ha calculado (Ramos, 1990) que una variación de tan sólo el 5% en el contenido en nitrógeno orgánico de la capa superior de 30 cm de un suelo medio supondría la liberación de 180 kg. de N/ha, lo que representa una cifra importante frente a las dosis de abonado de muchos cultivos.

Según algunos investigadores (Addiscott y col., 1991), una parte importante de los nitratos lavados no procede de los fertilizantes, que suelen aplicarse a finales del invierno y en primavera (cuando el cultivo se halla en plena fase de desarrollo y es capaz de absorberlo), sino de la mineralización de la materia orgánica que se produce en otoño, en estado de temperatura y humedad favorables para la acción de los microorganismos del suelo.

En un suelo con un contenido medio de nitrógeno del 0,20%, habrá unos 5.000 kg. de nitrógeno por hectárea en los 25 cm. superiores de la capa arable. Esto representa más de 20 t/ha de nitratos. En ausencia de un cultivo capaz de extraer los nitratos producidos, éstos se acumulan en el suelo y son lixiviados con las lluvias de invierno; el proceso se acentúa en suelos ligeros o que tengan instalados sistemas de drenaje.

Por tanto, cualquier factor que aumente el contenido en materia orgánica descompuesta o estimule la actividad de los microorganismos del suelo, contribuirá a facilitar la conversión del nitrógeno orgánico en nitrato. Así, la roturación de praderas permanentes, que acumulan cantidades importantes de materia orgánica, puede ser una causa importante de liberación de nitrato, ya que la aireación de los suelos activa la descomposición microbiana de la materia orgánica.

Riesgos por sustancias orgánicas tóxicas

En la tabla que se adjunta, se pueden observar los compuestos orgánicos potencialmente tóxicos que se presentan en los lodos , que ,aunque en la gran mayoría poseen una concentración muy reducida , sin embargo su persistencia es superior. Los pesticidas son los más comunes. Todos pasan por el proceso biológico de la EDAR ,no obstante los más resistentes permanecen en los biosólidos.

Alberto Vico López (2015) en su TFM señala que *“las principales razones por la que estos compuestos se consideran tóxicos son debidas a que la mayoría son liposolubles, así como a que son poco biodegradables. Su acumulación dentro de la cadena alimentaria debida a su gran afinidad lipídica, podría causar efectos negativos en animales e incluso en el propio hombre”*

Estos compuestos pueden sufrir tres tipos de reacciones de degradación por las que pueden salir del medio: biodegradación, degradación química y fotoquímica. La degradación biológica es bastante lenta y se produce muy a largo plazo. En el suelo, se puede llegar a producir una degradación química que implicaría procesos hidrolíticos y oxidativos. Además, estos compuestos orgánicos pueden fijarse a componentes del suelo, pudiendo temporalmente quedar inactivos, ello podría repercutir en la propia degradación de la estructura del suelo, por alteración de sus componentes materia orgánica fijadores (arcillas y materia orgánica). (Vico, 2015)

Riesgos por salinidad en los suelos

Las múltiples causas que afectan a la degradación del suelo, antrópicas o naturales, alteran las propiedades físicas, químicas y biológicas, y pueden ser la salinización y alcalinización de suelos y aguas. Influyen también otros factores como el cambio climático, inundaciones y deslizamientos de tierras, incendios, ocupación del suelo, erosión (hídrica y/o eólica), sellado y encostramiento, contaminación, compactación, disminución de la fertilidad, reducción en el contenido de materia orgánica y el descenso de la biodiversidad, (Almorox y col., 2010).

Algunos autores (Gascó y Lobo, 2007) sugieren que las regulaciones sobre la utilización de los lodos de depuradora en terrenos agrícolas deben tener en cuenta también los valores límite de salinidad que tienen estos materiales y no sólo la concentración de metales. En este sentido, Miralles y col. (2002), atribuyeron a la conductividad eléctrica el efecto de fitotoxicidad en cultivos.

Gascó y Lobo, en su artículo sobre "*Respuesta de plantones de olivos ante la aplicación de lodo tratados*", relaciona directamente la necrosis apical de las hojas de los árboles de las parcelas tratadas con un incremento de la salinidad del suelo.



Fuente :Espacio Agroecológico de la Subbética

Está demostrada que la toxicidad específica generada por el exceso de la salinidad ocurre cuando se acumulan ciertos elementos en los tejidos de la planta en concentraciones nocivas, sobretodo sodio, el cloruro, y el boro.

Agroal (<http://www.agrosal.ivia.es/>) , es una web especializada en tratamiento de suelos con exceso de salinidad. En un artículo sobre la Toxicidad Específica detallan de la siguiente manera el proceso de acumulación de boro y su relación con un elevado pH:

“El boro es un micronutriente esencial en el crecimiento de las plantas. Sin embargo, existe un margen muy pequeño entre los niveles de boro que causan la deficiencia y la toxicidad. Por ejemplo, el rango de boro en el que un cultivo sensible no sufre ni toxicidad ni déficit es 0.3 - 2 mg/l. De forma general, en los cultivos que se desarrollan bajo climas húmedos es donde normalmente se manifiestan síntomas de déficit, mientras que en climas áridos y/o semiáridos es donde se suelen mostrar síntomas de toxicidad. En el suelo, el boro lo encontramos como ácido bórico $B(OH)_3$ adsorbido principalmente a las partículas de arcilla y materia orgánica del suelo. En el suelo se llega a un equilibrio de adsorción dependiendo del pH del suelo. Al incrementar el pH aumenta la adsorción del B a los coloides del suelo (materia orgánica y arcilla). Esta propiedad del B hace que el equilibrio de la solución del suelo con respecto a su contenido en el agua de riego pueda tardar en alcanzarse de 3 a 150 años dependiendo de la textura y la materia orgánica del suelo. Los suelos arenosos alcanzarían el equilibrio a los 3 años, y los arcillosos más de 100. Esto se debe tener en cuenta, ya que si el suelo alcanza ese equilibrio y el nivel es tóxico, el lavado del B para reducir su concentración en la solución del suelo será difícil, y posiblemente se tardarían varios años en reducirlo a niveles no tóxicos. En estos casos se recomienda cambiar el cultivo a otro más tolerante al boro.

Niveles altos de boro inducen una reducción de la división celular en las raíces, por lo que se reduce el crecimiento radicular y la brotación (Liu et al, 2000). También se reduce el contenido de clorofila en hoja, por lo que se inhibe la capacidad fotosintética (Lovatt y Bates 1984). Los síntomas generales de la toxicidad por boro se aprecian en un amarillamiento de las hojas adultas, con necrosis apical que evoluciona hacia los márgenes de la hoja. En la siguiente foto se aprecia este amarillamiento en hojas de cítrico.



Hojas de cítricos afectadas por toxicidad por boro. Limonero (A), Naranja (B), Pomelo (C). (USDA, 1960. Boron injury to plants)

La tolerancia de los cultivos a la toxicidad por Boro puede ser diversa. Existen cultivos muy sensibles como el limonero, hasta cultivos muy tolerantes como el algodón para el que niveles de 10 mg/l no afectan su normal crecimiento.

Otros riesgos : Riesgos por generación de insectos y olores.

La generación de malos olores es uno de los problemas principales achacados a valorización agronómica de lodos. Son frecuentes las quejas sobre los olores a un radio cercano a lugar de la aplicación ,si bien es cierto que a una distancia aproximado de 1 km. estos suelen disminuir de manera sustancial. El mal olor es producto natural de la descomposición anaerobia de la materia orgánica y la generación de sulfuro de hidrógeno (H₂S).

Por otro lado, la proliferación de moscas y mosquitos, que si bien es cierto, que pueden llegar a ser muy molestas, sería un error relaciona su aparición con la valorización agronómica de lodos. Su generación dependerá de gran medida del tratamiento de los lodos y de las altas temperaturas.

Estos problemas (moscas y olores) disminuyen casi totalmente cuando el lodo que valoriza ha sido compostado previamente. En la planta de tratamiento será importante controlar que durante proceso de compostaje de los lodos, no aparezcan condiciones de anaerobiosis ya que, de ser así, la generación de olores pueden llegar a ser muy virulenta dando la acumulación de lodos.

Dentro de las Buenas Practicas se estudiará la mejor manera de eliminar los insectos y hacer desaparecer los olores.

3. BUENAS PRACTICAS AGRICOLAS.

RECOMENDACIONES

•Se recomienda realizar la enmienda orgánica, en base a las necesidades y características del cultivo y la disponibilidad de nutrientes del terreno.

De manera general se considera que el aporte de los nutrientes extraídos por las cosechas de nuestros cultivos procede, parcialmente, de las reservas existentes en los minerales del terreno, que a su vez proceden de la roca madre del mismo, que se solubilizan a través del proceso natural de meteorización, en el cual la presencia de sustancias orgánicas y una adecuada actividad biológica son de capital importancia. En consecuencia y para evitar el agotamiento de la reserva natural de nutrientes en el suelo, y lograr una buena sostenibilidad del sistema, debemos procurar, en lo posible, que los nutrientes que los cultivos extraen del suelo, regresen al mismo por cualquier vía (García Zamora.F,2010).

El manejo adecuado de la nutrición y fertilización de cultivos permite mejorar el balance de nutrientes. Existe abundante información a nivel regional e internacional en cuanto a las ventajas agronómicas, económicas y ambientales de la nutrición y fertilización equilibrada. Estos programas de fertilización equilibrada producen mejores rendimientos de los cultivos, acercan los rendimientos actuales a los potenciales en las distintas áreas ecológicas, y mantienen y/o mejoran la sustentabilidad de los sistemas de producción (Ruiz Coleto.F,2010)

La importancia de estimar el balance de nutrientes, ya sea a nivel de país, región, finca o parcela, radica en que los balances negativos (aplicar menos nutrientes de los que se extraen con las cosechas), provocan una disminución de la fertilidad de los suelos, afectando la productividad y rentabilidad del sistema y degradando el recurso suelo. Por otra parte, balances exageradamente positivos (aplicar más nutrientes de los que se extraen con los productos cosechados), dan lugar a bajas eficiencias de uso de los nutrientes y pobres resultados económicos, pudiendo generar desequilibrios nutricionales y/o problemas de contaminación ambiental. (Cano Rodríguez.,2010)

¿Cómo podemos conocer el balance de nutrientes en la finca?

Para calcular el balance de nutrientes en el suelo de una parcela o finca determinada, se debe verificar si las salidas están siendo compensadas por la aplicación de nutrientes que realizamos (entradas). Esto implica que debemos conocer las cantidades de nutrientes que han sido aplicadas al suelo y las cantidades que han sido extraídas del mismo, de cualquier forma, ya sea en forma de productos cosechados o restos de los cultivos.

La mayor parte de los nutrientes exportados de la parcela lo hacen en forma de producto agrícola vendido (cosecha). Por ello, resulta necesario, conocer cuántos nutrientes contienen las cosechas y sus rastrojos o residuos. En general, se suelen recordar fácilmente las cantidades de cosecha comercializada, pero a menudo resulta más difícil retener la cantidad de rastrojos o residuos de cosecha que se sacaron de la parcela o que se incorporaron al suelo.

Este problema, se puede resolver si conocemos para cada cultivo y variedad, el índice de cosecha, que expresa la relación existente entre la cosecha comercializable y la producción de biomasa total (cosecha + restos del cultivo). Así pues, conociendo estos datos se puede calcular la relación entre la cosecha y los restos del cultivo que quedan en la parcela tras la recolección.

El contenido de nutrientes de las diferentes partes de la planta está influenciado por las estado de crecimiento de las plantas (especie, variedad, marco de plantación, radiación solar, temperatura, humedad, características del suelo, sistema de riego, sistema de protección térmica, estado sanitario, etc.), dosis y tipo de fertilización, así como de la forma de aplicación de los fertilizantes.

En general, podemos afirmar que el índice de cosecha disminuye con el incremento de dosis de aplicación de nutrientes, particularmente de nitrógeno, tanto en el caso de variedades locales como en las variedades mejoradas de alto rendimiento, aunque esta disminución es mayor en las variedades locales.

Por otro lado, el contenido de nutrientes de un abono orgánico o mineral dependerá del tipo y la calidad del mismo y de los métodos de gestión y manejo. Así, por ejemplo, el contenido de nutrientes en un lodo varía en función del tipo de pienso que consume el ganado, de la cantidad y tipo de material usado para cama, del grado de madurez, etc.

Cuando los árboles frutales son podados, la leña de poda resultante puede aprovecharse bien en la propia parcela o en otras parcelas diferentes, para lo cual es conveniente triturar los restos de poda y, posteriormente, el aprovechamiento puede hacerse bien dejando la leña triturada en la superficie del suelo en forma de acolchado o incorporándola en la capa superficial (10 -15 cm) del suelo. Mediante este reciclado de nutrientes se puede conseguir un ahorro considerable de fertilizantes, que en el caso de los cítricos representan alrededor del 20% de la fertilización normal de este cultivo (Ferrer et al., 2006).

En resumen:

- Si la cantidad de nutrientes extraídos por las cosechas es mayor que los nutrientes aplicados a los cultivos, el suelo se empobrecerá y, a largo plazo, repercutirá en las cosechas.
- Si por el contrario, la cantidad de nutrientes aplicados al suelo, es mayor que los nutrientes utilizados por la cosecha habrá acumulación, fijación o pérdida de los mismos en el suelo.

En el anexo I, exponemos un ejemplo práctico sobre un balance nitrogenado

Las necesidades de nutrientes en los cultivos

Para planificar la fertilización de un cultivo determinado hay que tener en cuenta tanto el estado de fertilidad del suelo como las extracciones de nutrientes del mismo, que varían según la especie y cuantía de la producción.

Para conocer el estado de fertilidad del suelo en el aspecto nutricional, es conveniente realizar con una cierta frecuencia un análisis químico del mismo. Para lo cual, el muestreo debe hacerse con rigurosidad, procurando tomar submuestras en bastantes puntos de la parcela con objeto de obtener una muestra media representativa de la parcela. Y respecto a la época de muestreo, es conveniente hacerlo al final de campaña, cuando el suelo todavía está en tempero (humedad adecuada), para que los resultados analíticos presenten la máxima fiabilidad y que se puedan disponer con tiempo suficiente para planificar la fertilización de la campaña siguiente.

Respecto a la extracción de nutrientes, conviene distinguir entre la absorción total de nutrientes del suelo por la planta (incluye los nutrientes contenidos en la cosecha + los

restos de cultivo), de la exportación o salida de nutrientes de la parcela con la cosecha. La extracción total de nutrientes por los cultivos puede expresarse por unidad de superficie, normalmente hectárea (ha), o por unidad de producción, normalmente tonelada (t) (cuadro 1). En cambio, la extracción de nutrientes de la parcela corresponde a la cantidad de nutrientes contenidos en los productos cosechados. Y el cálculo de esta extracción (salida o exportación) puede realizarse de dos formas: a) restando a los nutrientes absorbidos por la planta los nutrientes que quedan en la parcela con los restos de cosecha; y b) a partir de los datos del rendimiento y los contenidos tanto de materia seca como de nutrientes.

Para programar una fertilización ecológica altamente eficiente y sostenible es muy conveniente utilizar el método del balance de nutrientes en el agrosistema, incluyendo las salidas (pérdidas) y las entradas (aportaciones) (Gómez et al., 2002; Pomares et al., 2003).

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de Maíz

Nutriente	Requerimiento	Índice de Cosecha	Rendimiento de 9000 kg/ha	
	kg/ton grano		Necesidad	Extracción
Nitrógeno	22	0.66	198	131
Fósforo	4	0.75	36	27
Potasio	19	0.21	171	36
Calcio	3	0.07	27	2
Magnesio	3	0.28	27	8
Azufre	4	0.45	36	16
Boro	0.020	0.25	0.180	0.045
Cloro	0.444	0.06	3.996	0.240
Cobre	0.013	0.29	0.117	0.034
Hierro	0.125	0.36	1.125	0.405
Manganeso	0.189	0.17	1.701	0.289
Molibdeno	0.001	0.63	0.008	0.005
Zinc	0.053	0.50	0.477	0.239

Fuente : Manual Técnico Fertilización y balance de nutrientes en sistemas agroecológicos, SEAE 2008

Tabla 5. Requerimientos nutricionales de Girasol

Nutriente	Requerimiento	Índice de Cosecha	Rendimiento de 3500 kg/ha	
	kg/ton grano		Necesidad	Extracción
Nitrógeno	40	0.60	140	84
Fósforo	5	0.80	17.5	14
Potasio	28	0.25	98	25
Calcio	18	0.08	63	5
Magnesio	11	0.28	38.5	11
Azufre	5	0.38	17.5	7
Boro	0.165	0.22	0.578	0.127
Cobre	0.019	0.68	0.067	0.045
Hierro	0.261	0.13	0.914	0.119
Manganeso	0.055	0.25	0.193	0.048
Molibdeno	0.029	0.21	0.102	0.021
Zinc	0.099	0.48	0.347	0.166

Tabla 2. Requerimientos nutricionales de Trigo

Nutriente	Requerimiento	Indice de Cosecha	Rendimiento de 5000 kg/ha	
	kg/ton grano		Necesidad	Extracción
Nitrógeno	30	0.66	150	99
Fósforo	5	0.75	25	19
Potasio	19	0.17	95	16
Calcio	3	0.14	15	2
Magnesio	3	0.50	15	8
Azufre	4.5	0.25	23	6
Boro	0.025		0.125	
Cobre	0.010	0.75	0.050	0.038
Hierro	0.137		0.685	
Manganeso	0.070	0.36	0.350	0.126
Zinc	0.052	0.44	0.260	0.114

Tabla 3. Requerimientos nutricionales de Arroz

Nutriente	Requerimiento	Indice de Cosecha	Rendimiento de 6000 kg/ha	
	kg/ton grano		Necesidad	Extracción
Nitrógeno	22.2	0.66	133	88
Fósforo	3.1	0.84	19	16
Potasio	26.2	0.10	157	16
Calcio	2.8	0.04	17	1
Magnesio	2.4	0.42	14	6
Azufre	0.94	0.64	6	4
Boro	0.016	0.50	0	0.048
Cloro	9.700	0.43	58	25.026
Cobre	0.027	0.92	0	0.149
Hierro	0.350	0.57	2	1.197
Manganeso	0.370	0.16	2	0.355
Zinc	0.040	0.50	0	0.120
Silicio	51.700	0.19	310	59

Tabla 4. Requerimientos nutricionales de Soja

Nutriente	Requerimiento	Indice de Cosecha	Rendimiento de 4000 kg/ha	
	kg/ton grano		Necesidad	Extracción
Nitrógeno #	80	0.75	320	240
Fósforo	8	0.84	32	27
Potasio	33	0.59	132	78
Calcio	16	0.19	64	12
Magnesio	9	0.30	36	11
Azufre	7	0.67	28	19
Boro	0.025	0.31	0.100	0.031
Cloro	0.237	0.47	0.948	0.446
Cobre	0.025	0.53	0.100	0.053
Hierro	0.300	0.25	1.200	0.300
Manganeso	0.150	0.33	0.600	0.198
Molibdeno	0.005	0.85	0.020	0.017
Zinc	0.060	0.70	0.240	0.168

#. La mayor parte del requerimiento puede ser cubierto por fijación biológica de nitrógeno.

Tabla 6. Requerimientos nutricionales de Alfalfa

Nutriente	Requerimiento	Necesidad para 15.000 kg MS/ha
	kg/ton materia seca	
Nitrógeno #	27	405
Fósforo	2.5	38
Potasio	21	315
Calcio	12	180
Magnesio	3	45
Azufre	3.5	53
Boro	0.030	0.450
Cobre	0.007	0.105
Hierro	0.040	0.600
Manganeso	0.025	0.375
Molibdeno	0.0003	0.005
Zinc	0.015	0.225

#. La mayor parte del requerimiento puede ser cubierto por fijación biológica de nitrógeno.

Tabla 7. Requerimientos nutricionales de otros cultivos

Cultivos	Unidad	N	P	K	Mg	S
		kg/ton				
Sorgo	Grano	30	4.4	20.8	4.5	3.75
Papa	Tubérculo	4.4	0.9	6.4	0.6	0.5
Colza	Grano	55	10.2	60.8	6.0	21.7
Tabaco	Hoja Seca	65	8.7	99.6	7.5	5
Algodón	Fibra	120	19.7	74.7	24.1	20
Caña de Azúcar	MS	1.3	0.4	2.8	0.5	0.6
Tomate	Fruto	2.8	0.6	3.2	0.3	0.6

Fuente : Manual Técnico Fertilización y balance de nutrientes en sistemas agroecológicos, SEAE 2008

•Se recomienda tener en cuenta que en los casos de utilización de lodo tratado o compost, el tiempo de almacenamiento varía dependiendo de la región y del clima.

Toma mucha importancia la región climática donde este situada la parcela agrícola. En la web de Andaltura (<http://www.andaltura.com>), realizan este interesante resumen sobre las diferentes regiones climáticas de Andalucía :

“El clima andaluz viene determinado en primer lugar por la situación geográfica donde se encuentra; además de la disposición del relieve y la altimetría, lo que origina que las temperaturas más frescas del verano y las más frías del invierno se den en Sierra Nevada (Granada y Almería) convirtiendo los veranos en más calurosos y los inviernos en más suaves conforme nos aproximamos a la Costa.

La Depresión del Guadalquivir permite que predominen las influencias marinas Atlánticas sobre las Mediterráneas, fomentando durante el invierno que aparezcan los vientos del oeste y suroeste.

La gran extensión de Andalucía determina que haya una amplia variedad climática, teniendo en cuenta que tiene un clima mediterráneo, caracterizado por unas temperaturas suaves en invierno y cálidas en verano. Sin embargo, dependiendo de la localización: líneas costeras, interiores o montañosas, hay grandes diferencias de unos territorios a otros. Sierra Nevada presenta unas montañas nevadas, mientras que en el Desierto de Tabernas la ausencia de precipitaciones es prácticamente total.

En verano Andalucía se ve afectada por el Anticiclón de las Azores y por los vientos y bajas presiones procedentes del continente Africano, mientras que, en mayor parte, se ve influenciada por vientos procedentes del Océano Atlántico.

Andalucía es la región más soleada de la Península teniendo una media de 2.800 horas de sol al año, y en muchas comarcas llegan a disfrutar de cerca de 3.000 horas de sol al año, principalmente en la Costa del Sol (Málaga) y la Costa Tropical (Granada).

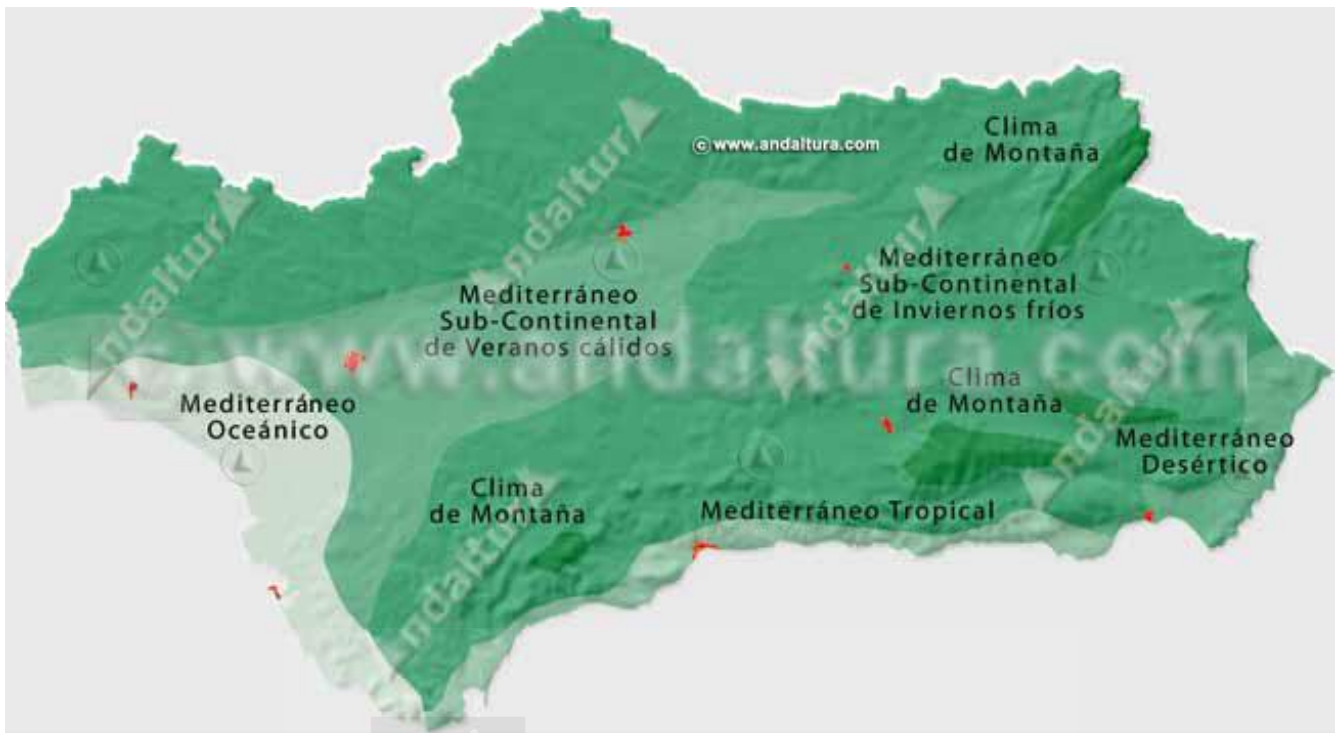
La característica principal son veranos secos, calurosos y con ausencia de precipitaciones, y si éstas se producen son en forma de tormentas. La temperatura media anual ronda los 17º C., pero en verano no es de extrañar que muchas localidades sobrepasen los 40º C., y en invierno las zonas cercanas a las Sierras y Montañas de nuestra comunidad se encuentren bajo 0º C. Por la influencia marina las zonas del litoral presentan unos veranos y unos inviernos suaves.

Lo mismo que las temperaturas el nivel de precipitaciones depende de dónde nos encontremos; la media anual ronda los 250 mm en las zonas más secas de Almería: los 500-700 mm. que se dan en la Depresión del Guadalquivir y los 800 mm de las zonas montañosas.

Las zonas montañosas, por su altura (la altimetría va desde los 0 metros sobre el nivel del mar, en la línea de costa, hasta los 3.479 metros del Mulhacén), son barreras frente a vientos, cambian su orientación, y atraen o alejan las masas de aire. Destacaremos la diferencia entre las vertientes nortes, umbrías y donde los días son más cortos y los rayos del sol inciden inclinados; a las vertientes sur, solanas, de días largos y con menos inclinación de los rayos solares.

Por su situación las Sierras de Aracena y Picos de Aroche (Huelva); la Sierra de los Alcornocales y de Grazalema (Cádiz) y en menor medida la Sierra de las Nieves (Málaga), son receptoras de los vientos que provienen del Océano Atlántico y donde se producen el mayor número y cantidad de las precipitaciones de nuestra comunidad, destacando la Sierra de Grazalema (Cádiz) que presenta el nivel de precipitaciones más alto de la comunidad siendo, además, uno de los más elevados de la Península.

En Sierra Nevada las precipitaciones, en forma de nieve y con grandes variaciones entre unos años y otros, permiten normalmente que en verano aún se conserven pequeños “ventisqueros” en las umbrías del macizo.



FUENTE:www.andaltura.com

El **Clima Mediterráneo Oceánico** lo encontraremos en las provincias de Huelva y Cádiz (incluidas sus capitales de provincia), en la zona de costa bañada por el Océano Atlántico, expuestas a sus vientos húmedos, por lo que presentan unos inviernos lluviosos, con un alto grado de humedad y unas temperaturas suaves todo el año (noches menos frías y días templados).

La siguiente porción de litoral desde el Estrecho de Gibraltar (Cádiz) hasta el Campo de Dalías (Almería) presenta un **Clima Mediterráneo Tropical**, que bajo la influencia del Mar Mediterráneo presenta unos inviernos suaves y con escasas precipitaciones, que disminuyen conforme nos acercamos a Almería. Mención especial tiene Tarifa y sus alrededores, que por su situación, recibe vientos del Mediterráneo y del Atlántico, siendo el lugar de la Península donde el viento sopla con más fuerza, lugar idóneo para la práctica del Surf y Windsurfing, entre otros deportes costeros. En esta zona se encuentra la capital de Málaga y la Costa del Sol que presenta una temperatura media de 18º C (y que en invierno es difícil que bajen más de 14º C), presentando la oferta turística y hotelera más importante de la Comunidad. Junto a ella se encuentra la Costa Tropical con una temperatura media de 20º C y aproximadamente 320 días al año de sol, permitiendo los cultivos de diferentes productos tropicales como el Aguacate o la Chirimoya.

Desde el Campo de Dalías hasta el límite con la región de Murcia, encontramos un **Clima Mediterráneo Desértico**, caracterizado por la escasez de precipitaciones. Generalmente se producen todas juntas y en poco tiempo, llegando incluso a ser, a veces, torrenciales y violentas, produciendo que los barrancos y arroyos no puedan contener el volumen de agua caída tan rápido. Poseen más de 3.000 horas de sol al año, con una media

anual cercana a los 19º C. Presenta una insolación muy elevada y la ausencia de heladas. Abarca Almería capital y la Costa oriental de Almería.

*El **Clima Mediterráneo Sub-Continental** de veranos cálidos, lo encontramos en la zona media de la Depresión del Guadalquivir, que todavía recibe la influencia de los vientos que proceden del Océano Atlántico. Afecta a las capitales de Sevilla y Córdoba, presentando unos inviernos suaves y unos veranos calurosos (con temperaturas superiores muchos días a los 35º C). En la zona alta de la Depresión del Guadalquivir, Sierra Morena y las Sierras Béticas, incluidas las capitales de Jaén y Granada se da un Clima Mediterráneo Sub-Continental de inviernos fríos caracterizados por tener los inviernos más fríos y los veranos más suaves. Las principales precipitaciones, que son pocas, se dan en primavera y otoño, que se acortan y permiten unos inviernos largos y fríos y con fuertes heladas y veranos también largos y cálidos.*

*Por último, en las zonas de montaña de las Sierras de Cazorla y Segura, (Jaén), Sierra de Castril (Granada), Sierra Nevada (Granada-Almería), Sierra de los Filabres y Sierra María (Almería) y la Sierra de las Nieves (Málaga) presentan un **Clima de Montaña**, que originado por su altitud, presentan las temperaturas más bajas de Andalucía y sus precipitaciones, en invierno, son en forma de nieve”*

La **Orden de 6 de agosto de 2018 de la CCAA de Andalucía** marca unos plazos relacionados con las épocas de lluvias:

“Para la aplicación de lodos tratados de depuradora a un recinto agrícola SIGPAC ubicado en una zona vulnerable a la contaminación por nitratos y de conformidad con el artículo 3 del Decreto 36/2008, de 5 de febrero, por el que se designan las zonas vulnerables y se establecen medidas contra la contaminación por nitratos de origen agrario, deberán tenerse en cuenta las recomendaciones, limitaciones y prohibiciones dispuestas para los abonos nitrogenados en el programa de actuación establecido por el órgano competente en materia de agricultura, no pudiéndose superar, en ningún caso, la aplicación de 170 Unidades Fertilizantes de Nitrógeno (UFN) por hectárea y año.

Asimismo, dada la movilidad del nitrógeno en el suelo y con el fin de evitar posibles riesgos de contaminación por nitratos en zonas no consideradas como vulnerables, se establece la limitación de no aplicar más de 10 Toneladas (Tn) de materia seca (MS) de lodos tratados de depuradora por hectárea y año, y la prohibición de aplicar lodos tratados de depuradora:

- a) En períodos de lluvia.*
- b) En suelos helados o con nieve.*
- c) En suelos inundados o saturados de agua mientras se mantengan estas estado.*

Se considerará período de lluvia, a estos efectos, al periodo comprendido entre 1 de noviembre y el 31 enero del año siguiente. Mediante Resolución de la Delegación Territorial competente, se podrá modificar a nivel provincial el periodo de lluvia establecido, con al menos tres meses de antelación al inicio del nuevo periodo y para al menos dos anualidades. Cuando se produzcan supuestos de fuerza mayor, como estado meteorológicas extremas, se podrá modificar a nivel provincial mediante Resolución de la Delegación Territorial competente, el periodo de lluvias establecido, con al menos una semana de antelación al

inicio del nuevo periodo para una única anualida” (BOJA, nº 156 13 de agosto de 2018 página 15)

•Durante el depósito previo a su utilización, disminuir al máximo el tiempo para su aplicación para eliminar riesgo por contaminación.

Se define depósito como pequeñas acumulaciones de lodos tratados de depuradora en las parcelas donde van a ser aplicados con carácter previo a su distribución y esparcimiento, provenientes de los procesos de vaciado del contenido de los camiones de transporte.

Como norma general y en base a lo dispuesto en el artículo 7 de la Ley 22/2011, de 28 de julio, los lodos tratados de depuradora se aplicarán al terreno de forma inmediata, con objeto de prevenir y disminuir las molestias derivadas de la emisión de olores y proliferación de insectos. Para la aplicación de lodos tratados de depuradora en una superficie agraria, los depósitos previos al esparcimiento no podrán superar las 250 toneladas, ni permanecer en el terreno más de 5 días naturales.

Una planta de almacenamiento de lodos tratados se considera instalación de tratamiento de residuos y como tal, sujeto al régimen de autorizaciones ambientales del órgano competente en materia de medio ambiente y a la inscripción en el Registro ambiental autonómico de Andalucía.

El MAGRAMA, redacta una guía de condicionalidad que recogía estas recomendaciones adicionales :

-Aplicar lodos para revegetar el terreno que ha sido contaminado químicamente o destruido por el fuego u otros desastres naturales.

- Enterrar los lodos lo más pronto posible tras su aplicación, bien superficialmente o bien en profundidad, mediante aperos específicos, con el fin de evitar la formación de costras, para evitar pérdidas de amoníaco y emisión de malos olores y para distribuirlos uniformemente en el perfil del suelo.

•Aplicar solo lodos tratados:

En Andalucía ,la **Orden de 6 de agosto de 2018, conjunta de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural y de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por la que se regula la utilización de lodos tratados de depuradora en el sector agrario**, regula los Métodos de tratamientos de lodos de depuración

Para obtener lodos tratados de depuradora se podrán aplicar los siguientes métodos de tratamientos:

1. Compostaje.

Este tratamiento corresponde a metodologías de manejo del lodo de depuradora que se basen en métodos controlados de conversión biológica aeróbica y termófila del lodo, sin que se alcancen en el producto final los estándares correspondientes a los tipos de abonos o enmiendas orgánicos, definidas en los grupos 2, 3 y 6 del Anexo I del Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes.

Se incluyen a continuación las metodologías de manejo del lodo para alcanzar un lodo tratado de depuradora por compostaje:

1.1. *Compostaje en pilas volteadas. El método debe asegurar que se alcanza una temperatura en el interior de la masa que está siendo compostada de al menos 55 °C y que tal temperatura se mantiene a lo largo de un período no inferior a 4 horas entre cada volteo. Se harán como mínimo tres volteos de la masa que está siendo compostada, que irán seguidos de un período de maduración hasta completar el proceso de estabilización por compostaje.*

1.2. *Compostaje en pilas estáticas ventiladas o en túneles. El material que se pretende compostar se mantendrá a un mínimo de 40 °C durante, al menos, 5 días y por 4 horas durante este período, a un mínimo de 55 °C. Este será seguido por una fase de maduración hasta completar el proceso de estabilización por compostaje.*

En cualquiera de los métodos de compostaje se admitirá, la incorporación a la mezcla para compostar de materias primas de origen orgánico, animal o vegetal, incluidas expresamente en la lista de residuos orgánicos biodegradables del Anexo IV del Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, que, por su naturaleza y composición, tengan una biodegradación lenta (tal es el caso de los materiales calcáreos –p.e., conchas–, queratínicos –p.e., plumas, pelo, escamas–, lignificados o celulósicos –p.e., madera, ramas, hojas, corteza, paja, papel, huesos de fruta, fibras textiles–) siempre que se incorpore picada o molturada, según sea el caso, que asegure trozos de tamaño no mayor de 25 mm, tras el afino del producto terminado.

Las materias primas de origen animal utilizadas en la mezcla para compostar deberán cumplir los requisitos previstos en el Reglamento (CE) núm. 1069/2009, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, y las correspondientes disposiciones que lo desarrollen o modifiquen.

El lodo tratado mediante métodos de compostaje para que se pueda considerar como tal, deberá responder a los siguientes requisitos analíticos:

- Contenido mínimo de materia seca: 60%.
- Relación C/N < 20.
- Ausencia de Salmonella en 25 gramos de muestra.
- E. Colli < de 1.000 u.f.c./g.

2. Otros tratamientos.

Se incluyen en este apartado distintas metodologías para el tratamiento de lodos, distintas del compostaje, que permiten obtener un lodo tratado mediante la reducción de su poder de fermentación y de su potencial para causar molestias y daños para la salud y el medio ambiente:

2.1. Digestión anaerobia termófila, a una temperatura mínima de 55 °C con un tiempo de retención media de 15 días, o bien a la temperatura mínima de 53° durante 24 horas en «batch», es decir, sin alimentación ni purgas del digester durante el método de tratamiento.

2.2 Digestión anaerobia mesófila, a una temperatura mínima de 35 °C, con un tiempo de retención medio de 12 días, siempre que a los lodos se les haya sometido a un tratamiento térmico inmediatamente anterior de, al menos, 70 °C durante 30 minutos.

2.3 Estabilización aeróbica, a una temperatura mínima de 20° y tiempo mínimo de retención, de toda la masa, de 50 días. El contenido final de humedad no podrá ser mayor del 40%.

2.4 Estabilización con cal hasta alcanzar un pH de 12 o más, siempre que se asegure una mezcla homogénea de lodo y cal y se mantenga tal mezcla en tal pH por un período no menor de 24 horas. Se podrá reducir este período de tiempo hasta un mínimo de 2 horas si se combina la adición de cal (hasta un pH>12) con un tratamiento térmico de mínimo 55 °C en el interior de la masa mezclada de lodo y cal.

2.5 Secado térmico. Toda la masa sometida a tratamiento deberá alcanzar una temperatura como mínimo de 80 °C, y permanecerá en tal temperatura durante un tiempo no menor de 10 minutos. Para tiempos de permanencia igual o superiores a 30 minutos, se admitirá que la temperatura alcance durante ese período como mínimo 70°. El contenido final de humedad no podrá ser mayor de un 10%.(BOJA, nº 156 ,13 de agosto de 2018 página 23)

Es importe señalar que fija un porcentaje mínimo de sequedad mínimo para lodos :

“A excepción de los productos obtenidos del compostaje, del secado térmico y de la estabilización aeróbica para los que la exigencia en contenido final de materia seca es aún más estricta, todos los demás productos de tratamiento presentarán un contenido de materia seca no inferior a un 20%”(BOJA, nº 156 13 de agosto de 2018 página 23)

•Se recomienda aplicar el lodo antes de la implantación del cultivo y mezclar íntimamente con la tierra.

La incorporación de lodo sobre la superficie del terreno puede realizarse bien mediante labrado bien utilizando otra maquinaria de cultivo, como el cultivador de rejas o discos en función del tipo y las estado del suelo. El lodo queda completamente mezclado con el suelo o enterrado. La aplicación al campo del lodo sólido se realiza mediante un **remolque esparcidor** adecuado (por ejemplo, esparcidor rotatorio, de descarga posterior, de doble función, etc.).

La utilización de máquinas para distribuir lodos y/o compost origina una serie de problemas de organización y operativos como:

- Reducida utilización de las máquinas, debido a la discontinuidad de las operaciones de distribución y su concentración en determinados periodos del año.
- Elevada incidencia del tiempo de transporte en relación al total necesario para la distribución.
- Difícil control de la dosis a distribuir.

Respecto a la compactación del terreno derivada del exceso de peso de las máquinas a plena carga y de su pequeña anchura de trabajo. Respecto a la compactación del terreno es interesante mencionar que: ·

- Después de una distribución de lodos y compost, en terrenos ligeros y medianos es adecuado un pase de arado.
- Sería interesante marcar en las parcelas las rodadas de tránsito (tránsito controlado).
- Hay que reducir la presión ejercida del terreno, limitando la masa por eje a 5-6 t y utilizando neumáticos anchos y de baja presión.
- Se ha de evitar la aplicación si el terreno está húmedo.

Entre las máquinas de distribución de deyecciones ganaderas que pertenecen al grupo 05.2. Equipos distribuidores de lodos es, de acuerdo con la clasificación funcional de maquinaria agrícola (ISO 3339/09), hace falta mencionar los esparcidores de lodos es, los esparcidores de lodos es hacinados, tanques o cisternas de purines e inyectores de purines.

Estas máquinas deben cumplir la normativa de seguridad de maquinaria agrícola (UNE-EN 1553) y de máquinas distribuidoras de lodos (UNE-EN 690) y cisternas esparcidoras de purín (UNE-EN 707).

Norma	Ámbito de Aplicación
UNE-EN 690:1995	Maquinaria agrícola. Distribuidores de estiércol. Seguridad.
UNE-EN 707:2000	Maquinaria agrícola. Cisternas esparcidoras de purines. Seguridad.
UNE-EN 13080:2003	Maquinaria agrícola. Distribuidores de estiércol. Protección medioambiental. Requisitos y métodos de ensayo.
UNE-EN 13406:2003	Maquinaria agrícola. Cisternas esparcidoras de purín y dispositivos de aplicación. Requisitos y métodos de ensayo para la uniformidad de la distribución.

Fuente : *Manual del codi de bones pràctiques agràries: nitrogen*. GENERALITAT DE CATALUNYA (2000).

. Las máquinas para la distribución de lodos es deben tener la marca CE y el fabricante o distribuidor facilitará el certificado CE conforme y el manual de instrucciones, de acuerdo con la Directiva de Máquinas 98/37/CE.

Las máquinas para distribuir cualquier tipo de residuo orgánico tienen un problema en común: el alto desgaste de las partes móviles, debido a la gran cantidad de productos a distribuir y de la capacidad corrosiva del lodo. Por este motivo, estas máquinas son fabricadas con materiales resistentes o adecuadamente protegidos (acero galvanizado, vitrificado, acero inoxidable, barniz resistente a los ataques químicos).

Las características exigibles a este grupo de máquinas de distribución de lodos sólido son:

- Accionamiento directo desde el lugar de conducción con sistemas hidráulicos para la distribución.
- Control de la dosis de distribución.
- Elevada capacidad de carga.

Los remolques esparcidores de lodos son máquinas agrícolas arrastradas, adaptadas al transporte del lodos hasta el campo y esparcido con un cierto grado de uniformidad. Están constituidos por las partes siguientes: chasis, caja con fondo móvil, sistema de distribución y transmisiones para el accionamiento del fondo móvil y distribución.

La señalización de los remolques esparcidores de lodos debe de estar asegurada de manera eficaz como cualquier otro remolque que circula por la carretera.

El sistema de distribución puede ser de descarga lateral o de descarga posterior. Actualmente, predominan los remolques esparcidores de lodos que traen rotores de descarga posterior, y que pueden ser horizontales o verticales.

Los rotores horizontales, en general, giran en el mismo sentido, mientras que los verticales lo hacen en sentido contrario, uno contra otro.

Los rotores verticales pueden lograr una anchura de esparcimiento de 2 a 4 veces mayor que los horizontales.

El trabajo de los rotores esparcidores consiste en atacar la masa de producto a esparcir por el fondo móvil, desmenuzar y proyectar.

Como dispositivos adaptables a los esparcidores de lodos clásicos con los que se consiguen mejoras de distribución, mencionamos:

- La compuerta de dosificación que permite regular el caudal del lodos que pasa a los rotores. Se abre verticalmente y se encuentra situada entre la masa del producto y los rotores de esparcimiento
- Los dispositivos complementarios de distribución o “discos de distribución”, que se sitúan en la prolongación posterior del fondo de la caja del remolque y tienen asociada una puerta o panel deflector que cubre los rotores convencionales.
- La cubierta orientadora colocada posteriormente a los rotores horizontales hace de pantalla y permite proyectar los lodos desmenuzándolo encima de los platos rotativos.

REMOLQUE ESPARCIDOR

EQUIPOS PARA EL ABONADO: ESPARCIDOR DE COMPOST



CARACTERÍSTICAS:

- Tolvas con capacidades desde 2,5 m hasta 13 m
- Ruedas de gran balón y pie de apoyo delantero
- Regulación hidráulica de dosificación
- Freno de estacionamiento y freno hidráulico sobre tractor
- Compuerta automática trasera regulable
- Válvula de seguridad contra sobreesfuerzos
- Disco de esparcido con aletas regulables

Fuente: www.industriadavid.com

OPCIONES Y ACCESORIOS:



Disco esparcidor



Cinta de descarga lateral



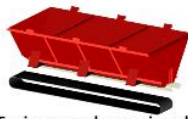
Compuerta trasera ancha



Eje tándem



Rampa de caída libre



Equipo para abono mineral



Cadenas exteriores reforzadas



Dosificador automático



Enganche rápido Integral



Cámara + pantalla



Cilindro de suspensión

Fuente: www.industriadavid.com

REMOLQUE LOCALIZADOR

EQUIPOS PARA EL ABONADO: LOCALIZADOR DE COMPOST



Fuente: www.industriadavid.com

3.2.3.- EQUIPOS PARA EL ABONADO: LOCALIZADOR DE COMPOST

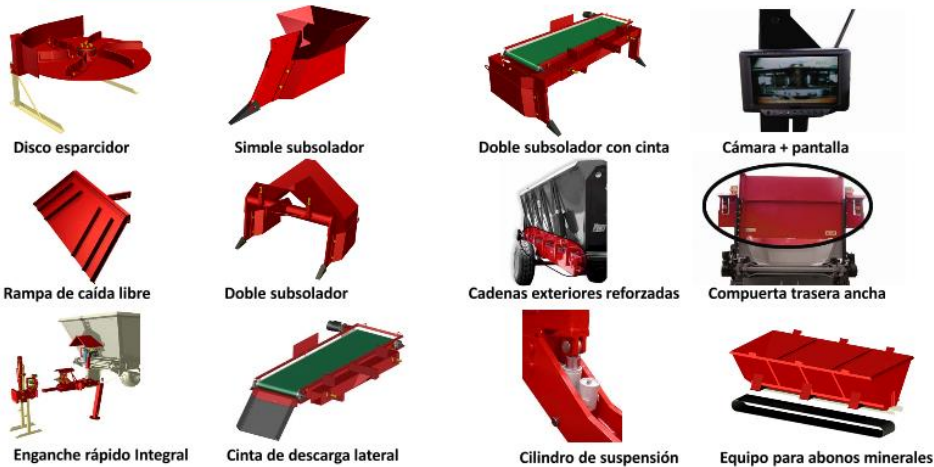


Características:

- Capacidades tolva desde 2,5 m hasta 13 m
- Ruedas de gran balón y pie de apoyo delantero
- Sistema hidráulico de regulación de profundidad
- Compuerta automática trasera regulable
- Válvula de seguridad contra sobreesfuerzos
- Freno de estacionamiento y freno hidráulico sobre tractor

Fuente: www.industriadavid.com

OPCIONES Y ACCESORIOS:



Fuente: www.industriadavid.com

A continuación se facilitan algunos consejos para evitar problemas de obstrucciones mediante la realización de una carga adecuada del remolque:

- Cargar por la parte delantera en los equipos de fondo móvil y por la parte trasera en los de tablero deslizante.
- Cargar en capas regulares y homogéneas.
- No superar con la carga el nivel de la barandilla superior del sistema esparcidor.
- Reducir la altura de carga en la caja para evitar la compactación del lodos , si este presenta un alto contenido de paja.
- Igualar la superficie del lodos en la caja. · Evitar la entrada de piedras con el lodos .
- Comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad. En el momento de distribuir el lodos se debe tener presente: ·
- Mantener constante el régimen de la toma de fuerza y la velocidad de avance.
- Trabajar de manera interrumpida, sin llegar a finalizar completamente el contenido de la caja.
- Evitar esparcir el lodos contra el viento.
- Verificar la buena adherencia en los elementos de propulsión, puesto que la variación de la velocidad de avance afecta la dosificación.

- Hacer un gran solape entre pases para conseguir una uniformidad aceptable.

El sistema de distribución debe garantizar una buena uniformidad transversal del lodos sólido encima del terreno y es el elemento que caracteriza la máquina porque determina la calidad de la operación y la posibilidad de adaptación a los diferentes tipos de lodos .

En la incorporación de lodos/compost sólido al terreno en cultivos como frutales, viña, olivo, etc., puede resultar interesante su localización entre las líneas de la plantación y a una profundidad adecuada, para no dañar las raíces en esta operación.

Por esto, se utilizan remolques esparcidores de pequeña medida que disponen de una barra central, lo suficientemente ancha para permitir la descarga de lodos/compost en el surco que se abre.

Con respecto a la dosificación, esta será proporcional al avance del equipo y, por lo tanto, del fondo móvil del remolque. Por otro lado, se aconseja la utilización de lodos/compost "limpio" de impurezas para evitar posibles obstrucciones en la distribución.

- Pautas para una adecuada distribución del compost/lodo:

Para hacer una correcta distribución de lodos/compost se deben considerar los parámetros: dosis por hectárea (ha), velocidad de avance, anchura de trabajo y caudal :

a) Dosificador por hectárea, **D**

La dosis por hectárea se calculará de acuerdo con el balance de fertilizantes a aportar a la parcela de cultivo.

La determinación de la dosis de producto a distribuir en campo está condicionada a la velocidad de avance y a la anchura de trabajo. Por lo tanto, la dosis, D, en t/ha, viene determinada por la relación:

$$D \text{ (t/ha)} = [q/(a \cdot d)] \cdot 10$$

Dónde:

q = cantidad de lodos/compost, en kg

a = anchura de trabajo, en m

d = distancia recorrida hasta vaciar la carga de lodos/compost establecida, en m

b) Velocidad de avance, **v**

Para saber la velocidad de avance teórica hace falta consultar las curvas de funcionamiento del tractor o bien preguntar al tractorista, con tal de fijar un régimen del motor y una marcha del tractor.

A continuación, hace falta determinar la velocidad real del conjunto tractor más máquina de distribuir, determinando el tiempo que tarda en recorrer una distancia prefijada. Se recomienda 100 m.

La velocidad, v, en km/h, viene determinada por la relación:

$$v = (\text{km/h}) = (e/t) \cdot 3,6$$

Dónde:

e = distancia recorrida, en m

t = tiempo, en s

c) Anchura de trabajo, **a**

El fabricante de la máquina distribuidora de lodos/compost o de purín debe facilitar la anchura teórica de trabajo en sus catálogos técnicos. La anchura de trabajo es la distancia comprendida entre el centro de dos pasos adyacentes.

La anchura de proyección es la distancia comprendida entre los extremos derecho e izquierdo de una distribución transversal. Por lo tanto, la determinación correcta de la distancia entre pases permitirá obtener el solapamiento adecuado para una distribución uniforme. Hace falta saber, pues, la anchura de proyección de la máquina. Esta puede coincidir o no con la anchura de trabajo. En el caso de un esparcidor de lodos/compost no coincide, pero, en el caso de una cisterna de purín con inyectores localizados en superficie o en profundidad si coinciden.

El parámetro coeficiente de variación, CV, en porcentaje, informa de la calidad de la distribución, es decir del reparto del lodos/compost en la parcela. De esta manera para un CV inferior al 20% la distribución de las cisternas de purín es satisfactoria (mirar tabla) mientras que para los esparcidores de lodos/compost es un CV inferior al 30%.

Tabla 4. Escala de evaluación de la precisión de distribución transversal en cisternas de purín. Font :HADO, Suiza (1999).

Coeficiente de Variación CV	Evaluación de la distribución transversal
< 10 %	Muy buena
10 – 15 %	Buena
15 – 20%	Satisfactoria
20 – 30 %	Regular
> 30 %	insuficiente

Fuente : *Manual del codi de bones pràctiques agràries: nitrogen*. GENERALITAT DE CATALUNYA (2000).

La anchura de trabajo y la anchura de proyección se pueden determinar en el campo, adaptando el procedimiento establecido a la norma UNE-EN 13080:2002 para esparcidores de lodos/compost y a la UNE-EN 13406: 2002, para cisternas de purín.

Por lo tanto, de acuerdo con el manual de instrucciones adecuaremos el sistema de distribución con tal de conseguir la anchura de trabajo correcta.

d) Caudal de lodos/compost, **Q**

El caudal, en kg/s, viene determinado por la relación:

$$Q \text{ (kg/s)} = (D \cdot a \cdot v) / 36$$

Dónde:

D = cantidad de lodos/compost a distribuir, en t/ha

a = anchura de trabajo, en m

v = velocidad de avance, en km/h

Ahora, hace falta regular el sistema de dosificación de la máquina para obtener el caudal determinado. Según la tipología de la máquina se procederá de una manera u otra de acuerdo con el manual de instrucciones.

Como resumen, las fases para regular una máquina de distribución de compost/lodos son:

- I. Determinar la velocidad de avance del conjunto tractor más máquina.
- II. Determinar la anchura de trabajo.
- III. Adecuar el sistema de dosificación para obtener el caudal determinado.

Ejemplo de regulación de un esparcidor de compost/lodo

1. En primer lugar, se identifica el conjunto tractor más máquina de distribuir: marca, modelo y características técnicas.
2. De acuerdo con el balance de fertilización y una prueba de distribución de la máquina en campo se fija la dosis: 18 t/ha
3. A continuación se determina la velocidad de avance:
 - Para una distancia de 100 m, el tiempo de recorrido del tractor más el esparcidor de lodos/compost es 60 s. Por lo tanto, la velocidad es:
$$v = (100/60) \cdot 3,6 = 6,0 \text{ km/h}$$
4. Se determina en campo la anchura de trabajo:

- Realizados los diferentes pasos, se pesa el lodos/compost recogido en las diferentes cajas distribuidas transversalmente en la dirección de avance del conjunto tractor más máquina, y con los datos se elaboran las gráficas y se determina la anchura de trabajo: 10 m.



Fuente : *Manual del codi de bones pràctiques agràries: nitrogen.* GENERALITAT DE CATALUNYA (2000)

- Por lo tanto, el caudal teórico a suministrar será:

$$Q = (18 \cdot 10 \cdot 6) / 36 = 30 \text{ kg/s}$$

Entonces hará falta ajustar el sistema de dosificación del esparcidor de lodos/compost para conseguir este caudal de 30 kg/s. ·

- Una manera de determinar el caudal es pesar el esparcidor de lodos/compost con la carga. Después, durante un tiempo determinado, por ejemplo 3 min., se distribuye el estiércol por la parcela de acuerdo con la velocidad de trabajo y con el previo ajuste del sistema de dosificación y de distribución, y a continuación se vuelve a pesar. De esta manera, por diferencia se puede saber la cantidad que se ha vaciado, y como se sabe el tiempo invertido, se puede determinar el caudal emitido. En consecuencia, hace falta ajustar el sistema de dosificación hasta conseguir el caudal determinado.

El conocimiento de la anchura de trabajo nos ayudará a corroborar en campo que se está distribuyendo la dosis correcta. Es importante recordar que las características del compost /lodo tienen una gran influencia en el caudal de la máquina. Por esto se recomienda realizar una regulación previa para cada tipo de compost/lodo

Y, finalmente, señalar que los remolques esparcidores deben cumplir con todos los requerimientos técnicos exigidos por el Reglamento general de vehículos, en relación a la circulación viaria.

- Realizar la aplicación de lodos bajo la asesoría de un técnico competente.**

La valorización agronómica de compost * y lodos de EDAR esta una actividad regulada por la Ley de Residuos 22/2011, catalogada como el epígrafe R10. Esta actividad debe estar controlada por una empresa gestora autorizada para esta actividad en la CCAA donde tenga la sede social.

La realización de la enmienda debe ser controlada por un ingeniero especialidad en la materia ,por regla general, agrícola ,agronomo o similares.

*El compost perderá la condición de residuos, mientras no esté inscrito en el Registro de Fertilizantes y afines ([R.D. 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes](#)). Realmente su nombre correcto sería “lodo compostado”.

En el Anexo II, trataremos los aspectos básicos sobre el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes, en lo referente para poder registrar un compost obtenido a partir de lodos de EDAR.

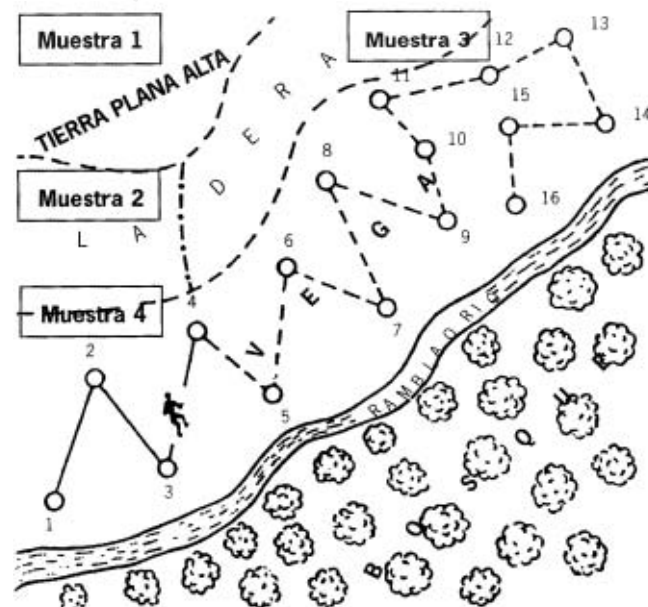
- **Realizar correctamente el muestreo del suelo.**

Para poder calcular la dosis de aplicación, conocer el estado del suelo es de tanta importancia como realizar un correcto balance nutricional del cultivo a implantar.

Para preparar una muestra de suelo que sea válida para la realización de un análisis debemos tomar en consideración los siguientes puntos:

○ La muestra de tierra debe ser representativa de la plantación que vamos a abonar y de todo el volumen de suelo explorado por las raíces. Por otro lado, la explotación debe ser dividida con diferentes criterios en parcelas homogéneas (color del suelo, textura, pendiente del terreno, etc.). Cada parcela debe ser muestreada por separado.

○ De cada parcela se tomarán submuestras individuales de tierra en puntos regularmente distanciados entre sí.



○Profundidad de la muestra; dependerá de la profundidad que alcancen las raíces del cultivo que se pretenda implantar. En el caso de arbolado se harán tres tomas: de 0 - 30 cm de 30 - 60 cm y 60 - 90 cm. No mezclar submuestras de suelo y subsuelo.

○Al término del recorrido se procederá a mezclar todas las submuestras extraídas a la misma profundidad, separando una porción representativa de la mezcla resultante (0,5 kg de tierra es suficiente). Las submuestras deberán estar secas y desmenuzadas para que se mezclen bien.

○Las muestras se pueden tomar con azada, barrena o cualquier otro utensilio que no contamine.

○No se debe hacer la toma de muestras después de un estercolado, encalado, abonado, etc...

○Se remitirán al laboratorio en bolsas de plástico en las que se hará constar, como mínimo, la siguiente información: término municipal y provincia; identificación de la parcela; profundidad; fecha de muestreo.

○Para la interpretación del análisis hay que tener presente el historial del suelo: abonados en años anteriores, enmiendas, riego o secano...

○En una analítica completa del suelo hemos de pedir al laboratorio que nos determine: textura, conductividad eléctrica, pH, relación carbono/nitrógeno, carbonatos totales, materia orgánica, nitrógeno, caliza activa, capacidad de cambio catiónica, fósforo asimilable, potasio asimilable, magnesio de cambio, calcio de cambio, sodio de cambio, micronutrientes y en algunos casos el tipo de arcilla predominante.

En Andalucía ,la **Orden de 6 de agosto de 2018, conjunta de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural y de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por la que se regula la utilización de lodos tratados de depuradora en el sector agrario**,en el artículo 6,punto 2 ,determina :

“La composición analítica de los suelos agrarios, se obtendrá a partir de una muestra representativa de los mismos recogida con carácter previo a la aplicación, según lo dispuesto en el apartado 1 del Anexo II C del Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre.

Los laboratorios que efectúen los análisis de suelos deberán estar autorizados y realizar los mismos conforme a la metodología dispuesta en el apartado 3 del Anexo IIC del Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre. Los laboratorios con sede en la Comunidad de Andalucía deberán disponer de autorización conforme al Decreto 73/2008, de 4 de marzo, por el que se regula la autorización, Régimen jurídico y Registro Único de los Laboratorios Agroganaderos y de los Laboratorios de Especies Silvestres.

Asimismo, deberá existir una trazabilidad entre la forma de identificar la muestra de suelo en el boletín de análisis y la identificación, mediante la referencia SIGPAC, de la parcela o parcelas de procedencia de la muestra.

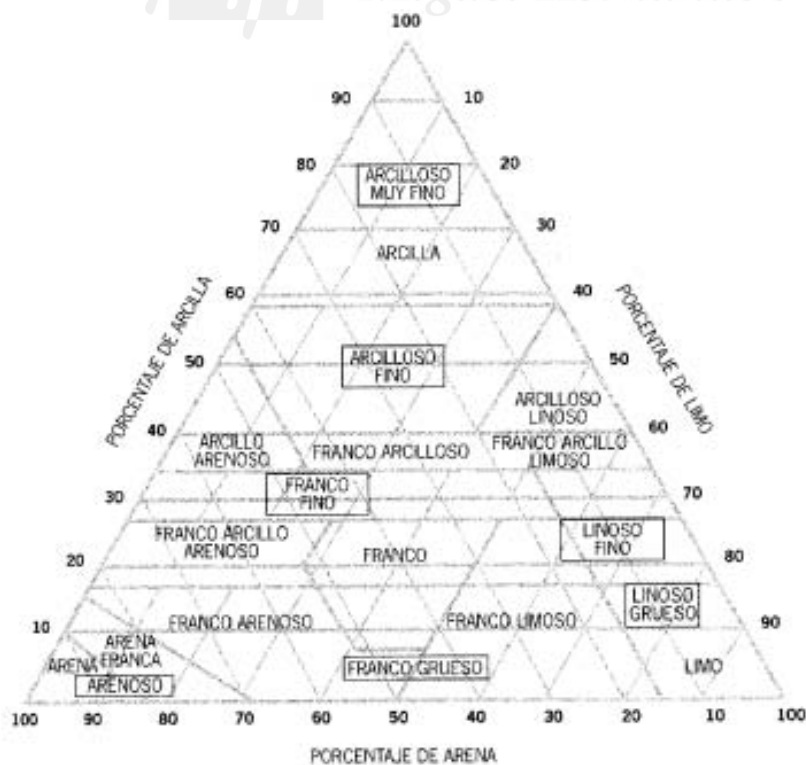
Corresponderá a los gestores de residuos que lleven a cabo la operación de valorización R10, mantener a disposición de la Administración, la documentación que acredite la fecha de la toma de muestras, el método seguido para ello, con identificación de la superficie total muestreada y el número de submuestras, así como los datos de la persona o personas que tomaron la muestra.” (BOJA, nº 156, 13 de agosto de 2018 ,página 15)

PAUTAS DE INTERPRETACION DE ANALISIS DE SUELO

A continuación vamos repasar los indicadores más importantes para la correcta interpretación de un análisis de suelo. Toda la información que viene a continuación ,viene recogida en el documento SUELO, RIEGO, NUTRICIÓN Y MEDIO AMBIENTE DEL OLIVAR, publicado por la Junta de Andalucía (Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coletto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010):

Textura.

Es la clasificación del suelo en función del tamaño de las partículas que lo forman, según el porcentaje de arena, limo y arcilla que tiene el suelo objeto del estudio. Así los suelos que tienen un elevado porcentaje de arcilla se dice que tienen textura arcillosa, pesada o fuerte, al contrario los suelos que tienen un elevado porcentaje de arena se dice que tienen textura arenosa o suelta, en mitad de los extremos anteriores tenemos los suelos limosos, se dice que un suelo tiene textura franca cuando el contenido de arena, limo y arcilla es equilibrado. Para evaluar la textura de un suelo utilizamos los triángulos de textura.



FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coletto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

El crecimiento y desarrollo de las raíces varía considerablemente en función de la textura del suelo. En general, las raíces crecen más vigorosamente en suelos francos, de textura media, y no estratificados, que en suelos de textura fina o gruesa. En este tipo de suelos la permeabilidad es buena, el agua disponible alta y la aireación adecuada para el desarrollo óptimo de las raíces y el crecimiento del árbol. En los suelos arcillosos, de textura fina, la permeabilidad es baja y por consiguiente la aireación limitada. Por el contrario, en suelos arenosos, de textura gruesa, el agua drena rápidamente y están bien aireados pero la cantidad de agua disponible es baja lo que limita además la disponibilidad de nutrientes

Salinidad.

Las sales se encuentran en todos los suelos y aportan muchos de los elementos esenciales para el crecimiento normal del árbol. Sin embargo, cuando se concentran en exceso pueden causar daños de consideración y pueden incluso ser limitantes para la plantación.

El exceso de sales en un suelo puede ser inherente al material parental del mismo o éstas pueden acumularse como consecuencia del riego con aguas salinas o por capilaridad desde las capas freáticas. En cualquier caso la movilidad de las sales es alta y se translocan fácilmente en el suelo. Su distribución está influenciada por las características del perfil, las lluvias, el nivel de las capas freáticas, el sistema de riego y otros factores. Como consecuencia de ello, la cantidad de sales solubles en el suelo varía ampliamente en distancias cortas, tanto vertical como horizontalmente, por lo que el muestreo para el análisis ha de realizarse cuidadosamente.

Las sales que normalmente se encuentran en los suelos salinos incluyen iones de calcio, sodio, magnesio, cloruro, sulfato, bicarbonato y carbonato. El análisis de las sales en su conjunto se mide indirectamente a través de la conductividad eléctrica, de tal manera que si un suelo tiene una conductividad eléctrica alta, esto significa que tendrá gran cantidad de iones disueltos, estos iones son los constituyentes de las sales, por ello el suelo analizado tendrá un alto contenido en sal.

Actualmente la conductividad eléctrica se mide en mhos/cm o también siemens/metro, $1\text{dS/m} = 1\text{mmhos/cm}$.

Para evaluar la salinidad del suelo se hace una primera prueba de salinidad (Prueba previa de salinidad 1/5), si ésta da un resultado inferior a 0.2 mmhos/cm, indica que no existe problema de salinidad; si la conductividad es mayor, el suelo puede ser salino o no, pero para determinarlo es necesario hacer un análisis del extracto de saturación.

Niveles de salinidad según C.E. (mmhos/cm en extracto de saturación, referidos a 25 ° C).

Valores de conductividad eléctrica	Tipo de suelo
< 2 mmhos/cm	Suelo no salino. Efectos de sales despreciables
2 - 4 mmhos/cm	Ligeramente salino. Efectos en cultivos sensibles
4 - 8 mmhos/cm	Salino, reducción de cosechas en los cultivos
8 - 16 mmhos/cm	Muy salino, sólo cultivos tolerantes a la salinidad

FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coletto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

Aún a bajos contenidos de sales totales, el desarrollo normal de la plantación puede afectarse por el exceso de algunos iones específicos, bien por los efectos negativos sobre el propio suelo, o bien por los efectos tóxicos en la planta

Ph

Varía desde 0 a 14, pero en los suelos generalmente no sale del intervalo 4 - 10. Nos va a indicar la acidez o basicidad del suelo. La mayor parte de las plantas cultivadas tienen un óptimo de crecimiento próximo a la neutralidad aunque soportan, en general, más fácilmente la acidez que la basicidad. El pH puede venir medido en agua o en cloruro potásico. El valor de pH medido en cloruro potásico va a ser siempre menor que en agua. El pH del suelo nos va a dar idea de la movilidad de los nutrientes, variedades más aconsejables, toxicidades, actividad microbiana, etc...

pH	Denominación de los suelos
3 - 4.5	Suelos extremadamente ácidos
4.5 - 5	Suelos fuertemente ácidos
5 - 5.5	Suelos muy ácidos
5.5 - 6	Suelos ácidos
6 - 6.75	Suelos débilmente ácidos
6.75 - 7.25	Suelos neutros
7.25 - 8.5	Suelos básicos o alcalinos
> 8.5	Suelos muy alcalinos

FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coletto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

Relación C/N

Expresa el cociente entre el carbono orgánico y el nitrógeno total contenido en la muestra de suelo. Cuando la relación C/N es alta hay una gran actividad de los microorganismos del suelo, estos microorganismos necesitan del nitrógeno para descomponer el carbono orgánico, por tanto las plantas cultivadas sufrirán una competencia fuerte por los compuestos nitrogenados del suelo, lo que origina una pérdida temporal de la fertilidad nitrogenada del suelo. Solamente cuando descienda la relación C/N y disminuya actividad microbiana, podrá

aparecer nitrógeno mineral que no es utilizado por los microorganismos y queda a disposición de la planta.

Los buenos suelos agrícolas son los que permiten una actividad microbiana elevada y las materias orgánicas evolucionan con rapidez, por el contrario si la relación C/N se mantiene alta en el tiempo hay que buscar las causas que la motivan: sequía, encharcamiento, apelmazamiento, acidez o basicidad excesiva, salinidad, alcalinidad, muy baja fertilidad mineral, etc..

Relación C/N	Efecto en el suelo
< 10	Excesiva liberación del nitrógeno
10 – 12	Normal liberación del nitrógeno
12 – 15	Escasa liberación del nitrógeno
> 15	Muy escasa liberación del nitrógeno

FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coletto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

Carbonatos totales

Nos da idea de la cantidad total de caliza que contiene el suelo. Los suelos con alto contenido en caliza pueden sufrir bloqueos en diversos nutrientes como es el caso del fósforo, que aunque pueda existir en el suelo no está en una forma asimilable. Los carbonatos totales se expresan como % de suelo seco:

Porcentaje de carbonatos (%)	Tipo de suelo
< 0.5	Muy pobre
0.5 – 3	Pobre
3 – 8	Bajo
8 – 12	Normal bajo
12 – 20	Normal alto
20 – 60	Alto
> 60	Muy alto

FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coletto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

Materia orgánica.

La materia orgánica del suelo puede encontrarse en tres formas:

- Materia orgánica fresca
- Materia orgánica en vías de descomposición
- Materia orgánica descompuesta

El análisis de materia orgánica nos proporciona la suma de las dos últimas. Generalmente el nivel óptimo de materia orgánica de un suelo no coincide con el óptimo económico para cada cultivo. Las tablas que recogemos (método Walkley - Black), se refieren al óptimo económico tanto en regadío como en seco:

Cultivos de secano

Textura del suelo	Óptimo de materia orgánica (%)
Suelos fuertemente arcillosos	2.3 - 2.5
Suelos arcillosos	1.9 - 2.0
Suelos francos	1.6 - 1.7
Suelos arenosos	1.2 - 1.3

Cultivos de regadío

Textura del suelo	Óptimo de materia orgánica (%)
Suelos arcillosos	2.5
Suelos francos	2.3
Suelos arenosos	2.0

FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coletto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

Nitrógeno

Cás del 95 % del nitrógeno que hay en el suelo se encuentra formando parte de la materia orgánica del suelo, por tanto no está asimilable a corto plazo, hasta que los micro organismos del suelo no lo descompongan. La tabla comparativa que a continuación se expone hace referencia al nitrógeno total del suelo (Método Kjeldahl), por tanto el dato obtenido hay que verlo en conjunto con la relación C/N para informarnos si realmente nuestro suelo tiene un buen nivel de nitrógeno asimilable.

Porcentaje de nitrógeno total (%)	Tipo de suelo
< 0.05	Muy bajo
0.06 - 0.10	Bajo
0.11 - 0.20	Normal
0.21 - 0.40	Alto
> 0.41	Muy alto

FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coletto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

Caliza activa

Se entiende por caliza activa la proporción de carbonato cálcico finamente dividida, y que por tanto es capaz de disolverse en el agua produciendo problemas en las plantas denominados "clorosis férrica". El porcentaje de caliza activa nos puede dar pautas acerca de la variedad a

cultivar, patrón, forma de mantenimiento del suelo, etc...

Caliza activa (% sobre suelo seco)	Tipo de suelo
< 1	Muy pobre
1 - 2	Pobre
2 - 4	Bajo
4 - 7	Normal bajo
7 - 10	Normal alto
10 - 15	Alto
> 15	Muy alto

FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coletto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

Capacidad de intercambio catiónico.

Los complejos coloidales del suelo (arcilla-humus) están cargados negativamente. Esta carga al igual que ocurre en los imanes, es capaz de atraer a cargas positivas. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se define como el número de espacios (negativos) que podrán ser ocupados por cationes (nutrientes) y por tanto almacenados hasta que las plantas los tomen. Es por lo tanto una propiedad que nos indica la fertilidad potencial del suelo.

La capacidad de intercambio catiónico depende fundamentalmente de la textura del suelo, tipo de arcillas predominantes y contenido en humus.

Los suelos con una elevada capacidad de intercambio catiónico son capaces de almacenar gran cantidad de nutrientes, que podrán ser suministrados a las plantas, por tanto admiten mayores dosis de abonado, sin embargo en los suelos con capacidad baja hay que fraccionar los abonos en dosis más pequeñas.

Pero una CIC alta, no asegura la presencia de cantidades suficientes de todos los nutrientes, puesto que el almacén del suelo puede estar mal abastecido de uno o varios de ellos, e incluso puede estar ocupado por un exceso de cationes indeseables o tóxicos, como el sodio.

C.I.C. (Meq/100g)	Tipo de suelo
> 40	Muy alto
25 - 40	Alto
12 - 25	Medio
6 - 12	Bajo
< 6	Muy bajo

FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coletto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

Fósforo asimilable.

Existen diversos métodos de análisis, si el método usado es el de Olsen, usaremos la siguiente tabla expresada en partes por millón (p.p.m.):

Secano	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Arenoso	0 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 20	21 - 32
Franco	0 - 6	7 - 12	13 - 18	19 - 30	31 - 48
Arcilloso	0 - 8	9 - 16	17 - 24	25 - 40	41 - 64

Regadío extensivo	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Arenoso	0 - 6	7 - 12	12 - 18	19 - 30	31 - 48
Franco	0 - 8	9 - 16	17 - 24	25 - 40	41 - 64
Arcilloso	0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 50	51 - 80

Regadío intensivo	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Arenoso	0 - 8	9 - 16	17 - 24	25 - 40	41 - 64
Franco	0 - 10	11 - 20	20 - 30	31 - 40	51 - 80
Arcilloso	0 - 12	13 - 24	25 - 36	37 - 60	61 - 96

FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coleto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

Si el método utilizado en el análisis es el de Bray, emplearemos la siguiente tabla (p.p.m.):

Fósforo asimilable (p.p.m.)	Tipo de suelo
0 - 3	Muy bajo
4 - 7	Bajo
8 - 20	Normal
21 - 30	Alto
> 31	Muy alto

FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coleto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

Potasio

Mientras que en el análisis no se especifique otro método, se supone que para la determinación se ha usado el del acetato amónico 1 N, y para su interpretación se emplea la siguiente tabla (p.p.m.):

Riqueza en arcilla	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
< 10 % Arcilla (1)	50	80	125	175
20 % Arcilla (1)	75	100	200	300
30 % Arcilla	100	150	275	350
> 40 % Arcilla	125	175	300	400

FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coleto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

(1) En cultivos exigentes deben duplicarse los valores críticos (patata, remolacha, etc.)

Si el sistema empleado es el de Egner - Riehm (extracción con agua), usaremos la siguiente tabla en p.p.m.:

Textura	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
Arenosa	50	70	100	150
Franca	70	85	125	200
Arcillosa	85	100	150	250

FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coletto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

Magnesio

El contenido asimilable de este catión se interpreta en conjunto con el calcio.

Si en el análisis no nos especifican el método utilizado entenderemos que se ha usado el método del acetato amónico 1 N en mg/100 g.

Valores de calcio	Contenidos normales de magnesio (mg/100 g)
Calcio bajo	8 - 10
Calcio normal	18 - 20
Calcio alto	25

FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coletto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

Cuando el método empleado para el análisis ha sido el del cloruro cálcico emplearemos la siguiente tabla (p.p.m.):

Textura	Bajo	Medio	Alto
Arenosa	18	24	36
Franca	24	36	50
Arcillosa	36	60	80

FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coletto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

Calcio

Extracción con acetato amónico 1 N. Valores expresados en mg/100g.

Calcio asimilable (mg/100 g)	Contenido
300 – 400	Normal
< 300	Pobres
> 400	Ricos

FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coletto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

Sodio de cambio.

La importancia del estudio del contenido en sodio radica en el perjuicio que hace el exceso de este catión. El alto contenido en sodio provoca una dispersión de los coloides arcillosos y húmicos del suelo dando como consecuencia una pérdida de la estabilidad estructural. Como consecuencia de esta estabilidad estructural se dificulta la circulación del agua y aire por lo que se producen encharcamientos y asfixia radicular.

El método de análisis que se suele utilizar es el del acetato amónico 1 N.

Meq/100 g de suelo	Contenido en sodio
< 0.05	Pobre
0.05 - 0.10	Bajo
0.10 - 0.30	Normal bajo
0.30 - 0.70	Normal alto
0.70 - 1.00	Alto
> 1.00	Muy alto

FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coletto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

Micronutrientes.

Por lo general nunca faltan en el suelo, siendo los problemas de carencias más frecuentes debidos a bloqueos por interacción con otros elementos, estado de pH, etc...Cuando se presentan carencias de estos micronutrientes se suele recurrir al empleo de abonos foliares que los contengan o al empleo de quelatos. Entre los nutrientes destacamos por su importancia:

➤ Hierro.

Las carencias en hierro no se presentan porque el elemento no esté presente en el suelo, sino que suele ser un exceso de caliza activa el que bloquea la asimilación del mismo, produciéndose en la vegetación la llamada "clorosis férrica".

➤ **Boro.**

El boro es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, pero éstas en general requieren cantidades muy pequeñas. Un exceso de boro puede producir toxicidades en la planta que impidan su normal desarrollo. Aunque el exceso de boro está asociado a suelos salinos, muchas veces es consecuencia del riego con aguas ricas en este elemento.

Contenido en boro (p.p.m.)	Toxicidad
< 0.5	Inapreciable
1	Pueden mostrarla cultivos sensibles
5	Pueden mostrarla cultivos tolerantes
10	Pueden mostrarla cultivos muy tolerantes

FUENTE: Francisco García Zamorano, Félix Ruiz Coletto, Juan Cano Rodríguez, Julián Pérez García, José Luis Molina de la Rosa, C.I.F.A. Cabra-Priego.2010

➤ **Manganeso.**

Por debajo de 1 p.p.m. se considera un nivel bajo, pudiendo resultar tóxico para los cultivos por encima de 100 p.p.m., cuando el pH es menor de 5.

➤ **Cobre.**

Se pueden presentar carencias por debajo de 5 p.p.m., siendo lo normal 20 p.p.m.

➤ **Zinc.**

Con valores de pH superiores a 6.5 y 4 p.p.m. del elemento, pueden presentarse carencias en algunos cultivos.

- **Se recomienda respetar un periodo mínimo entre la aplicación de lodo y la recolección del producto.**

En este caso más que una recomendación, es una obligación marcada por el RD 1310/1990, que indica en su artículo 3, punto 5:

En todo caso, se establecen las siguientes prohibiciones:

a) *Aplicar lodos tratados en praderas, pastizales y demás aprovechamientos a utilizar en pastoreo directo por el ganado, con una antelación menor de tres semanas respecto a la fecha de comienzo del citado aprovechamiento directo.*

b) Aplicar lodos tratados en cultivos hortícolas y frutícolas durante su ciclo vegetativo, con la excepción de los cultivos de árboles frutales, o en un plazo menor de diez meses antes de la recolección y durante la recolección misma, cuando se trate de cultivos hortícolas o frutícolas cuyos órganos o partes vegetativas a comercializar y consumir en fresco estén normalmente en contacto directo con el suelo.

- **Se recomienda lavar bien los equipos que hayan entrado en contacto con lodo antes de otra utilización.**

Por higiene, eficacia y mantenimiento de la máquina, los remolques esparcidores deben ser sometidos periódicamente a operaciones de limpieza. Dado que la plataforma (la cama del remolque) con frecuencia es de madera, el procedimiento habitual de limpieza es con agua a presión. También existen numerosas aristas metálicas cortantes en la máquina. Por todo ello, es fácil la concurrencia de resbalones, caídas y lesiones. Asimismo, es preciso considerar que el riesgo de infecciones asociado a los cortes es muy elevado.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A ADOPTAR

- Como equipo de protección individual en operaciones de limpieza de remolques esparcidores se consideran las botas de agua con suela antideslizante, guantes y gafas.
- Si el equipo dispone de carcasas de protección para situaciones de parada, colocarlo antes de proceder a las operaciones de limpieza.
- Colocar el remolque de tal modo que el ascenso y descenso del mismo sean lo más cómodos y seguros posible.
- Suprimir el sistema de distribución siempre que se emplee el remolque para otros fines.
-

- **Medidas para prevenir malos olores y la aparición de moscas.**

Como norma general, la manera más correcta de minimizar la afección por estos vectores (moscas y olores) será esparcir el lodo/ compost, de la manera más correcta, y con una dosis bien calculada e inmediatamente incorporarlo al terreno con una labor de profundidad media.

Sin embargo, puede ocurrir que previo a la labor de esparcido e incorporación se causen problemas:

- Por moscas : Aplicar una dosis de un atrayente (butaminol por ejemplo) seguido de un permetrina .
- Olores: aplicar dosis de producto de biorremediación .Por regla general suelen acelerar a fermentación.

Estos productos tendrán que ser aplicado bajo la supervisión y asesoramiento de la casa comercial, siguiendo los criterios y medidas de seguridad de la ficha técnica del producto.

4. NORMATIVA DE REFERENCIA.

4.1. Normativa autonómica.

- Orden de 6 de agosto de 2018, conjunta de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural y de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por la que se regula la utilización de lodos tratados de depuradora en el sector agrario.
- El Decreto 73/2012, de 22 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía.
- Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental
- DECRETO 36/2008, de 5 de febrero, por el que se designan las zonas vulnerables y se establecen medidas contra la contaminación por nitratos de origen agrario.
- Orden de 1 de junio de 2015, por la que se aprueba el programa de actuación aplicable en las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias designadas en Andalucía

4.2. Normativa Estatal.

- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados (LRSC)
- Orden MAPA de 26 de octubre de 1993 sobre la utilización de lodos de depuración en el sector agrario
- Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario, que transpone la
- Orden AAA/1072/2013, de 7 de junio, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario
- Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.
- Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Emisiones Industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación
- Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero
- PLAN ESTATAL MARCO DE GESTIÓN DE RESIDUOS (PEMAR), 2016-2020

4.3. Normativa Europea.

- Directiva 86/278/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1986, relativa a la protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos, en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura
- Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura

5.CONCLUSIONES

Las recomendaciones recogidas en este trabajo podrían servir de base para otras futuras guías donde se tuvieran en consideración las peculiaridades edafoclimáticas y legislación de cada CCAA, e incluso podría ser conveniente la redacción de una por parte del MAGRAMA.

Es importante que el usuario final de lodo o del compost, el agricultor, tenga claro unos conceptos básicos sobre la enmienda orgánica que se va a realizar en su explotación, de manera que, ésta se ejecute con la manera segura y efectiva.

La labor de las empresas gestoras es primordial, ya que estas son las responsables de asesorar a las empresas agropecuarias y en ellas, junto con el productor, recaen la responsabilidad administrativa y penal de cualquier perjuicio medioambiental que se provocara al entorno.

La recién publicada legislación andaluza que regula la valorización de lodos y compost en agricultura debería venir acompañada de una labor didáctica así como de promoción, promovida de manera conjunta entre Administración y empresas privadas, que reflejase que la realización de este tipo de enmienda, ejecutada con criterios técnicos es beneficiosa para la agricultura y el medio ambiente.



6. ANEXOS

6.1 Balance nitrogenado

El nitrógeno es, junto al potasio y el fósforo, nutrientes indispensables para las plantas, interviniendo en procesos fisiológicos y metabólicos tanto a nivel celular, ya sea bien de forma proteica o no proteica (lignina, hormonas...) como a nivel extracelular, teniendo un papel fundamental en la fotosíntesis, y consecuentemente en la productividad de cada especie vegetal.

Un deficiente aporte de estos elementos, va a producir un desarrollo incompleto de la planta, y consecuentemente una merma en la producción agrícola. Es por ello por lo que resulta necesario un estudio de las necesidades de los distintos cultivos, con vistas a obtener un desarrollo óptimo de cada especie, así como de unas producciones deseadas. Hay que tener también en consideración, que, de acuerdo con la Ley de Mitscherlich (1909), “el incremento de un elemento nutritivo limitante se corresponde con incrementos de rendimientos en las cosechas menores, hasta llegar a un incremento de rendimiento nulo”.

Bajo estas premisas procedemos a la elaboración del cálculo agronómico para un cultivo de CENTENO y una producción esperada de 6,000 Tn/hectárea.

Para el cálculo de las dosis de nitrógeno nos basaremos en el ciclo del nitrógeno y realizaremos un balance entre aportes y pérdidas.

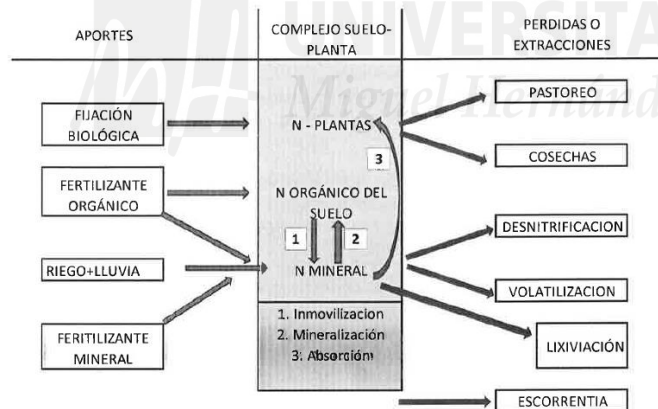


Gráfico 1. Ciclo del Nitrógeno

UFN necesarias= NECESIDADES DEL CULTIVO + APORTES -PERDIDAS

1 NECESIDADES DE UFN DEL CULTIVO.

Cada cultivo, dependiendo de la producción esperada, presenta unas necesidades de nitrógeno para poder desarrollarse adecuadamente. En esta finca se cultiva CENTENO y la producción esperada es de 6 Tn/ha

UFN = Producción esperada x UFN necesarias por tonelada prevista de producción

UFN = 6,000 Tn/ha x 28,000 UFN/Tn =168,000 UFN/HA

2 APORTES DE NITRÓGENO.

Los aportes externos de nitrógeno considerados son:

- Aporte de agua
- Aporte de Nitrógeno de suelo
- Nitrógeno aportado por la materia orgánica del suelo

2.1 Aportes de agua

Los aportes del nitrógeno a las plantas presentan distintas fuentes, tanto intrínsecas del propio suelo como extrínsecas como consecuencia de su contenido en el agua de lluvia o de riego.

2.1.1 Precipitaciones

Se estima que el nitrógeno aportado por el de agua de lluvia en la zona, representa aproximadamente 5,00 UFN/Ha y año.

2.1.2 Agua de riego

Se estima que el nitrógeno aportado por el de agua de riego en la finca, representa aproximadamente 0,00 UFN/Ha y año.

2.1.3 Aportes totales de agua

UFN del agua= **5,00 UFN/Ha**

2.2 Nitrógeno presente en el suelo

Este apartado se refiere al nitrógeno mineral presente en el suelo. Se calcula considerando una serie de parámetros tales como: superficie, profundidad de la raíz, densidad aparente del suelo y % nitrógeno amoniacal del suelo.

$$N \text{ Suelo} = \text{Superficie} \cdot \text{Profundidad Raíz} \cdot \text{Densidad aparente} \cdot \% \text{NH}_4$$

Siendo:

Superficie	10.000 m ²
Prof. Raíz	0,100 m;
Dap	1,300 Tn/m ³
NH ₄	0,003 %

UFN aportadas por el nitrógeno del suelo = **39 UFN/Ha**

2.3 Nitrógeno aportado por la materia orgánica del suelo

El nitrógeno que aporta la materia orgánica debe de seguir una serie procesos para ser asimilable por la planta. Primero debe humificarse y luego mineralizarse. Este nitrógeno lo calculamos considerando una serie de parámetros tales como: superficie, profundidad de la raíz, densidad aparente, materia orgánica, K₂ y K(R/N) (debemos de justificarlo).

Superficie	10.000 m ²
Prof. Raíz	0,100 m;

Dap	1,300 Tn/m3
M.O	1.5 %
K2 coeficiente de	1%
K(R/N) (debemos de	5%

UFN aportado por la materia orgánica del suelo = **19.5 UFN/Ha y año**

2.4 Aportes totales

UFN aportadas= UFN agua + UFN aportadas por el nitrógeno del suelo +UFN aportado por la materia orgánica del suelo

UFN aportadas= 5 UFN agua + 39 UFN aportadas por el nitrógeno del suelo + UFN aportado por la materia orgánica del suelo

UFN aportadas= **63.5 UFN/Hha**

3 PÉRDIDAS DE NITRÓGENO EXTERNO

3.1 Perdidas en el suelo

Para las pérdidas de nitrógeno en el suelo nos basamos en los datos aportados por el MAGRAMA en GUÍA PRÁCTICA DE LA FERTILIZACIÓN RACIONAL DE LOS CULTIVOS EN ESPAÑA, donde se engloban las pérdidas absolutas:

SALIDAS ABSOLUTAS

- Lixiviación: mínima si se realizan Buena Prácticas Agrícola
- Erosión: mínima en un suelo agrícola bien manejado
- Exportación por las malas hierbas
- Desnitrificación en los suelos encharcados, ácidos y fríos: 20-30 kg/ha
- Volatilización (aportaciones orgánicas y minerales): 10 kg/ha (1)
- Inmovilización del nitrógeno mineral del suelo

De forma resumida, las pérdidas anuales estimadas del nitrógeno del suelo son las siguientes:

Lixiviación (Kg N/ha)	5
Volatilización (Kg N/ha)	5
Vegetación y desnitrificación (Kg N/ha)	10

Perdidas= **20 UFN/ha**

3.2 Perdidas por inmovilización del cultivo anterior.

Durante el proceso de conversión de la materia orgánica esta necesita Nitrógeno y Carbono. Cuando se deja una cantidad de residuo del cultivo anterior que aporta mucho Carbono al suelo, la materia orgánica va utilizar esta junto con el nitrógeno aportado para realizar dicho proceso, por lo que se genera un bloque o una inmovilización del nitrógeno aportado.

INMOVILIZACIÓN/LIBERACIÓN DE N POR RESIDUOS DE COSECHA	
Tipo de residuo	Kg de N que libera el residuo por ha
Rastrojo de cereal	-12,5
Paja de cereal	-27,5
Rastrojo de maíz	-19
Caña de maíz	-25

Las pérdidas por inmovilización son de **27,5 UFN**

3.3 Pérdidas totales

Las pérdidas totales que se generan corresponden con **47,5 UFN**.

4 NECESIDADES DE NITRÓGENO A CUBRIR POR EL APORTE DE LODOS.

Para el correcto desarrollo de los cultivos, se deben de compensar la falta de nitrógeno que el suelo no es capaz de suministrar a las plantas. Para estimar esas necesidades lo realizamos con el siguiente balance.

UFN se deben aportar= (Necesidades de UFN del cultivo - UFN aportadas + Perdidas)

UFN se deben aportar= (168,000- 63.5 + 47,5)

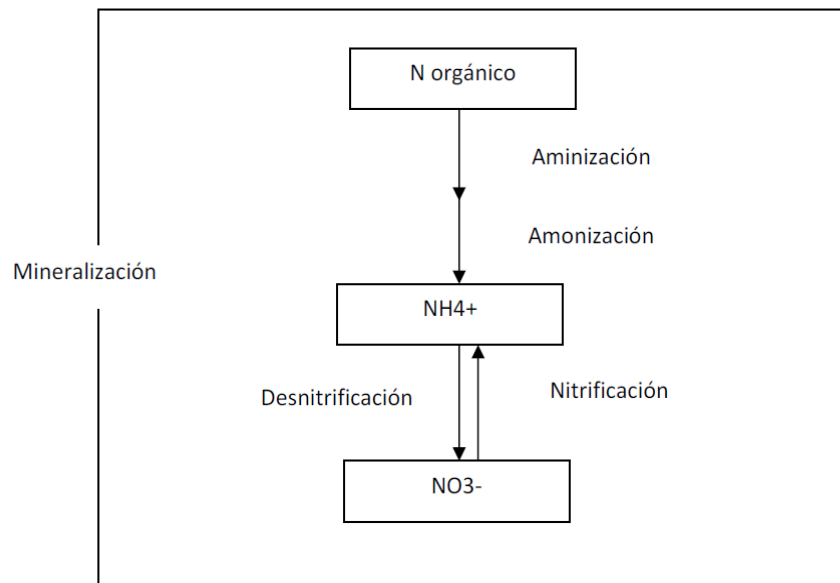
UFN a aportar en la aplicación agrícola por los lodos es **152,000 UFN necesarias por hectárea**

2.6 NITRÓGENO APORTADO POR EL LODO DOSIS DE LODOS

Para estimar la cantidad de lodo aplicar por hectárea se debe considerar que el contenido en nitrógeno de los lodos de EDAR es mayoritariamente de naturaleza orgánica y para estar disponible para la vegetación debe sufrir procesos de mineralización. La determinación de la mineralización real presupone hacer un balance completo del nitrógeno del suelo, lo cual es prácticamente imposible, por lo que se recurren a técnicas isotópica, tal y como explica la doctora por la universidad de Barcelona Doña Maria Antonia Garau Guasch en su tesis doctoral y que se deben aplicar unos coeficientes de pérdidas y de mineralización para el cálculo objetivo de la dosis.

2.6.1 COEFICIENTE DE MINERALIZACIÓN

Para comprender más a fondo el proceso de nitrógeno asimilable por la planta se debe tener en cuenta el proceso que ocurre desde la fuente de nitrógeno orgánico hasta su forma nitrato asimilable por la planta.



Se estima que el porcentaje de mineralización = 30%

Según esto calculamos las UFN brutas que aporta el lodo.

$$\text{UFN del lodo} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{Materia Seca} \cdot N_{\text{Total}} \cdot \% \text{ Mineralización}$$



Materia seca	21%
Nitrógeno Total	6%

$$\text{UFN del lodo} = 1000 \cdot 23,30 \cdot 1,521 = \mathbf{3.75 \text{ UFN brutas del lodo}}$$

2.6.2 COEFICIENTE DE PERDIAS

Como explica la doctora por la universidad de Barcelona Doña Maria Antonia Garau Guasch en su tesis doctoral se deben aplicar unos coeficientes de pérdidas al lodos aplicado, los cuales vienen dadas por:

- Pérdidas Volatilización del nitrógeno del lodo.
- Pérdidas Vegetación del nitrógeno del lodo.
- Pérdidas desnitrificación del nitrógeno del lodo.

El conjunto de estas pérdidas las denominamos **Eficiencia de aplicación** y corresponde con:

$$\text{Eficiencia} = (100 - \% \text{ Pérd. Volatilización}) \cdot (100 - \% \text{ Pérd. Vegetación}) \cdot (100 - \% \text{ Pérd. Desnitrificación}) = 85,74 \%$$

Siendo:

% Desnitrificación	5,00	(acorde el pH y temperatura de nuestros
% Pérdidas debidas a la	5,00	
% Pérdidas debidas a la	5,00	(TERRY col (1978))

Eficiencia de aplicación= **85,74%**

2.6.3 UFN NETAS APORTADAS POR EL LODO

Una vez conocidas los aportes brutos que hace el lodo y las perdidas que este sufre, podemos estimar la cantidad neta de nitrógeno que aporta una tonelada de lodo fresca.

UFN aportadas por el lodo= UFN Lodo*Eficiencia

UFN de lodo= $3,75 * 85,738 \% = 3,21$ UFN/Tn

2.7 DOSIS DE APLICACIÓN

Según lo anteriormente comentado la cantidad de lodo a incorporar por hectárea será la siguiente:

Dosis = UFN necesarias/UFN aportadas por el lodo

Dosis = $152/3.21$

UFN lodo (t.m)= 47 Tn /ha



5.2 Anexo II Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes: Compost a partir de lodos de EDAR.

Grupo 6. ENMIENDAS ORGANICAS

N.º	Denominación del Tipo	Informaciones sobre la forma de obtención y los componentes esenciales	Contenido mínimo en nutrientes (porcentaje en masa) Información sobre la evaluación de los nutrientes Otros requisitos	Otras informaciones sobre la denominación del tipo o del etiquetado	Contenido en nutrientes que debe declararse y garantizarse. Formas y solubilidad de los nutrientes. Otros criterios
1	2	3	4	5	6
01	Enmienda orgánica húmica	Producto de origen animal o vegetal, o por tratamiento de leonardita, lignito o turba, con un contenido mínimo en materia orgánica parcialmente humificada	<ul style="list-style-type: none"> - Materia orgánica total: 25% - Extracto húmico total (ácidos húmicos + ácidos fúlvicos): 5% - Ácidos húmicos: 3% - Humedad máxima: 40% 	<ul style="list-style-type: none"> - pH - Conductividad eléctrica - Relación C/N - Humedad mínima y máxima - Tratamiento o proceso de elaboración, según la descripción indicada en la columna 3 	<ul style="list-style-type: none"> - Materia orgánica total - C orgánico - Ácidos húmicos - Nitrógeno orgánico (si supera el 1%) - P₂O₅ total (si supera el 1%) - K₂O total (si supera el 1%)
02	Enmienda orgánica Compost	Producto higienizado y estabilizado, obtenido mediante descomposición biológica aeróbica (incluyendo fase termofílica), bajo condiciones controladas, de materiales orgánicos biodegradables del Anexo IV, recogidos separadamente	<ul style="list-style-type: none"> - Materia orgánica total: 35% - Humedad máxima: 40% - C/N < 20 <p>No podrá contener impurezas ni inertes de ningún tipo tales como piedras, gravas, metales, vidrios o plásticos</p> <p>El 90% de las partículas pasarán por la malla de 25 mm.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - pH - Conductividad eléctrica - Relación C/N - Humedad mínima y máxima - Materias primas utilizadas - Tratamiento o proceso de elaboración, según la descripción indicada en la columna 3 	<ul style="list-style-type: none"> - Materia orgánica total - C orgánico - N total (si supera el 1%) - N orgánico (si supera el 1%) - N amoniacal (si supera el 1%) - P₂O₅ total (si supera el 1%) - K₂O total (si supera el 1%) - Ácidos húmicos - Granulometría
03	Enmienda orgánica Compost vegetal	Producto higienizado y estabilizado, obtenido mediante descomposición biológica aeróbica (incluyendo fase termofílica), exclusivamente de hojas, hierba cortada y restos vegetales o de poda, bajo condiciones controladas	<ul style="list-style-type: none"> - Materia orgánica total: 40% - Humedad máxima: 40% - C/N < 15 <p>No podrá contener impurezas ni inertes de ningún tipo tales como piedras, gravas, metales, vidrios o plásticos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - pH - Conductividad eléctrica - Relación C/N - Humedad mínima y máxima - Tratamiento o proceso de elaboración, según la descripción indicada en la columna 3 	<ul style="list-style-type: none"> - Materia orgánica total - C orgánico - N total (si supera el 1%) - N orgánico (si supera el 1%) - N amoniacal (si supera el 1%) - P₂O₅ total (si supera el 1%) - K₂O total (si supera el 1%) - Ácidos húmicos - Granulometría

El compost de lodo de EDAR está catalogado dentro del grupo 6, como número 2.

MARGENES DE TOLERANCIA PARA CONTROL ANALITICO PARA EL GRUPO 6

6. ENMIENDAS ORGANICAS

- Materia orgánica total 20% del valor declarado, con un máximo del 6% en valor absoluto
- C orgánico y Relación C/N...10% del valor declarado, con un máximo del 2% en valor absoluto
- Ácidos húmicos 10% del valor declarado
- Ácidos fúlvicos 10% del valor declarado

Para los contenidos en cualquier elemento nutriente, un 15% del valor declarado, con un máximo en valor absoluto de:

N total 0,9
 N orgánico y en otras formas . 0,5
 P₂ O₅ total 0,9
 K₂ O total 0,9

Lista de residuos orgánicos biodegradables

Materiales relacionados en la lista europea de residuos. Decisión 2001/118/CE de 16 de enero de 2001, transpuesta por la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero.

02 RESIDUOS DE LA AGRICULTURA, HORTICULTURA, ACUICULTURA, SILVICULTURA, CAZA Y PESCA; RESIDUOS DE LA PREPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE ALIMENTOS

02 01 Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca

02 01 01 Lodos de lavado y limpieza

02 01 02 Residuos de tejidos animales (salvo lo exceptuado en el Reglamento 1069/2009)

02 01 03 Residuos de tejidos vegetales

02.01.06 Deyecciones de animales, estiércoles y efluentes recogidos selectivamente y tratados fuera del lugar donde se generan

02 01 07 Residuos de la silvicultura

02 02 Residuos de la preparación y elaboración de carne, pescado y otros alimentos de origen animal (salvo lo exceptuado en el Reglamento 1069/2009)

02 02 01 Lodos de lavado y limpieza

02 02 02 Residuos de tejidos de animales

02 02 03 Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración

02 02 04 Lodos del tratamiento «in situ» de efluentes

02 03 Residuos de la preparación y elaboración de frutas, hortalizas, cereales, aceites comestibles, cacao, café, té y tabaco; producción de conservas; producción de levadura y extracto de levadura, preparación y fermentación de melazas

02 03 01 Lodos de lavado, limpieza, pelado, centrifugado y separación

02 03 04 Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración

02 03 05 Lodos de tratamiento «in situ» de efluentes

02 04 Residuos de la elaboración de azúcar

02 04 03 Lodos de tratamiento «in situ» de efluentes

02 05 Residuos de la industria de productos lácteos

02 05 01 Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración

02 05 02 Lodos de tratamiento «in situ» de efluentes

02 06 Residuos de la industria de panadería y pastelería

02 06 01 Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración

02 06 03 Lodos de tratamiento «in situ» de efluentes

02 07 Residuos de la producción de bebidas alcohólicas y no alcohólicas (excepto café, té y cacao)

02 07 01 Residuos de lavado, limpieza y separación mecánica de materias primas

02 07 02 Residuos de la destilación de alcoholes

02 07 04 Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración

02 07 05 Lodos de tratamiento «in situ» de efluentes

03 RESIDUOS DE LA CONVERSIÓN DE LA MADERA Y DE LA PRODUCCIÓN DE TABLEROS Y MUEBLES, PASTA DE PAPEL, PAPEL Y CARTÓN

03 01 Residuos de la conversión de la madera y de la producción de tableros y muebles

03 01 01 Residuos de corteza y corcho

03 01 05 Serrín, virutas, recortes, madera, tableros de partículas y chapas que no contienen sustancias peligrosas.

03 03 Residuos de la producción y conversión de pasta de papel, papel y cartón

03 03 01 Residuos de corteza y madera

03 03 02 Lodos de lejías verdes (procedentes de la recuperación de lejías de cocción)

03 03 08 Residuos procedentes de la clasificación de papel y cartón destinados al reciclado

03 03 10 Desechos de fibras y lodos de fibras, de materiales de carga y de estucado, obtenidos por separación mecánica

03 03 11 Lodos del tratamiento «in situ» de efluentes, distintos de los especificados en el código 03 03 10

04 RESIDUOS DE LAS INDUSTRIAS DEL CUERO, DE LA PIEL Y TEXTIL

04 01 Residuos de las industrias del cuero y de la piel

04 01 01 Carnazas y serrajes del encalado

04 01 07 Lodos, en particular los procedentes del tratamiento in situ de efluentes, que no contienen cromo

04 01 99 Residuos no especificados en otra categoría: residuos del curtido vegetal de piel (virutas) que no contienen cromo.

04 02 Residuos de la industria textil

04 02 10 Materia orgánica de productos naturales (por ejemplo grasa, cera)

04 02 20 Lodos de tratamiento in situ de efluentes que no contienen sustancias peligrosas

04 02 21 Residuos de fibras textiles no procesadas

19 RESIDUOS DE LAS INSTALACIONES PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS

19 05 Residuos del tratamiento aeróbico de residuos sólidos

19 05 01 Fracción no compostada de residuos municipales y asimilados

19 05 02 Fracción no compostada de residuos de procedencia animal (salvo lo exceptuado en el Reglamento 1069/2009) o vegetal

19 06 Residuos del tratamiento anaeróbico de residuos

19 06 03 Licores («digestato») del tratamiento anaeróbico de residuos municipales

19 06 04 Materiales de digestión del tratamiento anaeróbico de residuos municipales

19 06 05 Licores («digestato») del tratamiento anaeróbico de residuos animales (salvo lo exceptuado en el Reglamento 1069/2009) y vegetales

19 06 06 Materiales de digestión del tratamiento anaeróbico de residuos animales (salvo lo exceptuado en el Reglamento 1069/2009) y vegetales.

19 08 Residuos de plantas de tratamiento de aguas residuales no especificadas en otra categoría

19 08 05 Lodos del tratamiento de aguas residuales urbanas, con contenidos en metales pesados inferiores a los establecidos en el real decreto 1310/1990.

19 08 12 Lodos procedentes del tratamiento biológico de aguas residuales industriales, que no contienen sustancias peligrosas

19 08 14 Lodos procedentes de otros tratamientos de aguas residuales industriales, que no contienen sustancias peligrosas

20 RESIDUOS MUNICIPALES (RESIDUOS DOMÉSTICOS Y RESIDUOS ASIMILABLES PROCEDENTES DE LOS COMERCIOS, INDUSTRIAS E INSTITUCIONES), INCLUIDAS LAS FRACCIONES RECOGIDAS SELECTIVAMENTE

20 01 Fracciones recogidas selectivamente

20 01 08 Residuos biodegradables de cocinas y restaurantes

20 01 25 Aceites y grasas comestibles

20 01 38 Madera que no contiene sustancias peligrosas

20 02 Residuos de parques y jardines

20 02 01 Residuos biodegradables

20 03 Otros residuos municipales

20 03 02 Residuos de mercados de origen vegetal y animal

20 03 04 Lodos de fosas sépticas

ANEXO V

Criterios aplicables a los productos fertilizantes elaborados con residuos y otros componentes orgánicos

1. Porcentaje de nitrógeno orgánico

En los abonos orgánicos, el contenido en nitrógeno orgánico, deberá ser al menos un 85 por ciento del nitrógeno total, salvo que en los requisitos específicos del tipo se dispongan otros valores.

2. Humedad

En los abonos granulados o peletizados, el contenido máximo en humedad permitido, expresado en porcentaje en masa, será del 14 por ciento, salvo que en la especificación del tipo se fije una cifra diferente.

3. Granulometría

Con carácter general, en los abonos orgánicos y las enmiendas orgánicas, el 90 por ciento del producto fertilizante, deberá pasar por una malla de 10 mm, salvo que en la especificación del tipo se fije una cifra diferente. Este requisito no obliga a los productos que están industrialmente granulados o peletizados.

4. Límite máximo de microorganismos

1. La materia prima transformada, lista para ser usada como ingrediente de abonos orgánicos de origen animal, debe ser sometida a un proceso de higienización que garantice que su carga microbiana no supera los valores máximos establecidos en el Reglamento (CE) N.º 1069/2009

2. En los productos fertilizantes de origen orgánico, se acreditará que no superan los siguientes niveles máximos de microorganismos:

Salmonella: Ausente en 25 g de producto elaborado

Escherichia coli: < 1000 número más probable (NMP) por gramo de producto elaborado

5. Límite máximo de metales pesados

Los productos fertilizantes elaborados con materias primas de origen animal o vegetal no podrán superar el contenido de metales pesados indicado en el Cuadro siguiente, según sea su clase A, B o C:

Metal pesado	Límites de concentración		
	Sólidos: mg/kg de materia seca		
	Líquidos: mg/kg		
	Clase A	Clase B	Clase C
Cadmio	0,7	2	3
Cobre	70	300	400
Níquel	25	90	100
Plomo	45	150	200
Zinc	200	500	1.000
Mercurio	0,4	1,5	2,5
Cromo (total)	70	250	300
Cromo (VI) *	No detectable según método oficial	No detectable según método oficial	No detectable según método oficial

Clase A: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de ellos los valores de la columna A.

Clase B: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de ellos los valores de la columna B.

Clase C: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de ellos los valores de la columna C.

6. Limitaciones de uso

1. Sin perjuicio de las limitaciones establecidas en el capítulo IV, los productos fertilizantes elaborados con componentes de origen orgánico se aplicarán al suelo siguiendo los códigos

de buenas prácticas agrarias. En las zonas designadas como vulnerables la aplicación de estos productos se ajustará al programa de actuación establecido en cada caso.

2. Los productos de la clase C no podrán aplicarse sobre suelos agrícolas en dosis superiores a cinco toneladas de materia seca por ha y año. En zonas de especial protección, las Comunidades Autónomas modificaran, en su caso, la cantidad anterior.

7. Límite máximo de furfural

En los productos que contengan como materia prima lignosulfonatos, lodos procedentes de la industria del papel o de la elaboración de azúcar, se acreditará que no supera el 0,05% p/p como límite máximo de contenido de furfural (2 furaldehido)

8. Límite máximo de polifenoles

En los productos que contengan como materia prima subproductos o residuos procedentes de almazaras, se acreditará que no superan el 0,8% p/p como límite máximo de contenido de polifenoles.

6. GLOSARIO

- AFLUENTE: El agua captada por un ente generador.
- AGUAS RESIDUALES: Las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.
- AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL: Las aguas residuales generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas.
- CARGA: El resultado de multiplicar el caudal por la concentración determinados en un efluente y expresada en kilogramos por día.
- CAUDAL: El volumen de agua por unidad de tiempo
- CUERPO RECEPTOR: Embalse natural, lago, laguna, río, quebrada, manantial, humedal, estuario, estero, manglar, pantano, aguas costeras y aguas subterráneas donde se descargan aguas residuales.
- FERTIRRIEGO: la práctica agrícola que permite el reuso de un efluente de aguas residuales, que no requiere tratamiento, a fin de aprovechar los diversos nutrientes que posee para destinarlos en la recuperación y mejoramiento de suelos, así como en fertilización de cultivos que no se consuman crudos o pre cocidos.

- **EFLUENTE DE AGUAS RESIDUALES:** Las aguas residuales descargadas por un ente generador.

- **ENTES GENERADORES:** La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, y cuyo efluente final se descarga a un cuerpo receptor

- **ESCORRENTÍA:** Corriente de agua de lluvia que circula libremente por la superficie de un terreno.

- **ESTUDIO TÉCNICO:** El Estudio Técnico es el instrumento por medio del cual se deben ejercer acciones de evaluación, control y seguimiento en materia de aguas residuales, aguas para reuso y lodos, cotejando la situación existente del ente generador o la persona que descarga al alcantarillado público, con la condición ideal de los parámetros y valores establecidos en las etapas de reducción que contempla el Reglamento.

- **HOMOGENEO:** Se aplica a la mezcla en la que los distintos elementos que la componen están totalmente interrelacionados entre sí y no se distinguen unos de otros.

- **ION:** Átomo o conjunto de átomos con carga eléctrica debida a la pérdida o ganancia de electrones.

- **LIXIVIADO:** Líquido que se ha filtrado procedente de los residuos dispuestos. Debido a su carga bacteriológica y química los lixiviados deben ser tratados antes de verterlos en medios naturales ya que pueden contaminar las aguas superficiales, subterráneas o el suelo.

- **LODOS:** los sólidos con un contenido variable de humedad provenientes del tratamiento de aguas residuales.

- **MANTO FREÁTICO:** la capa de roca subterránea, porosa y fisurada que actúa como reservorio de aguas que pueden ser utilizables por gravedad o por bombeo.

- **PRODUCCIÓN MAS LIMPIA:** Es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a procesos, productos y servicios para incrementar sobre estos la eficiencia y reducir el riesgo para el ser humano y el medio ambiente.

- **PUNTO DE DESCARGA:** el sitio en el cual el efluente de aguas residuales confluye en un cuerpo receptor o con otro efluente de aguas residuales.

- **RECICLAR:** Someter materiales usados o desperdicios a un proceso de conversión a aprovechamiento para que puedan ser nuevamente utilizables.

- RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO (RAS): Este parámetro indica la cantidad de sodio en el agua de riego, en relación con el calcio y el magnesio. El calcio y el magnesio tienden a contrarrestar el efecto negativo de sodio.
- REUSO: el aprovechamiento de un efluente, tratado o no.
- SALINIDAD: Cantidad relativa de sales disueltas en un líquido,
- SUELO: Es la capa arable y fértil en donde los cultivos extraen sus nutrientes.
- SUBSUELO: Para la finalidad de este reglamento, es el horizonte donde se ubican los minerales y acuíferos, situado por debajo del suelo.
- TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: cualquier proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales.
- TOXICIDAD: Grado de efectividad de una sustancia tóxica.

7. BIBLIOGRAFIA.

- ✓ Pérez Cebrián (2016) "Estudio bibliográfico del uso de lodos de depuradora en suelos agrícolas". Trabajo fin de Master. Universidad Politécnica de Valencia.
- ✓ EPSAR (2015). Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana. Memoria de Gestión 2015. Generalitat Valenciana.
- ✓ Perez-Murcia. Master de gestión, tratamiento y valorización de residuos orgánicos. Tema 6. Lodos
- ✓ Williams-Nguyen J., Brett J., Bartelt-Hunt S., Boxall A.B., Durso L.M., McLain J.E., et al. Antibiotics and antibiotic resistance in agroecosystems. J. Environ. Qual. 2016 [citado 07/11/2016]; 45:394-406
- ✓ Hernando, S. (1987). Aprovechamiento de residuos sólidos urbanos como fuente de materia orgánica y sus efectos sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- ✓ Nadal, I., Gondim-Porto, C., Platero, L., Navarro-García, F. (2015). Uso de lodos de depuradora en agricultura: patógenos y resistencias a antibióticos. Revista de Salud Ambiental, 15(2), 113-120.
- ✓ Concepción, I. "Generación, caracterización y tratamiento de lodos de EDAR". Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba..2015
- ✓ Hernández Lozano. "EL CONCEPTO JURÍDICO DE RESIDUO, SUBPRODUCTO Y MATERIA PRIMA SECUNDARIA (FIN DE LA CONDICIÓN DE RESIDUO) Y SU RELACIÓN CON EL REACH".2014

- ✓ Requerimientos nutricionales de los cultivos. Revista Pinpofos.
- ✓ Ramila Garido,J.,Rojas Brokway,I. ALTERNATIVAS DE USO Y DISPOSICIÓN DE BIOSÓLIDOS Y SU IMPACTO EN LAS TARIFAS DE AGUA. Universidad de Chile 2008.
- ✓ Muñoz Arranz,A. Antibióticos en el Suelo. Trabajo fin de grado. Universidad Complutense de Madrid.2008
- ✓ Sánchez Romero,A.,Hidalgo Muñoz. ESTUDIO SOBRE MAQUINARIA IDÓNEA PARA LAS LABORES DE COMPOSTAJE DE ALPEORUJOS. Junta de Andalucía .2009
- ✓ “Los Fertilizantes y su Uso” .FAO.2002.
- ✓ GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES PARA INDUSTRIAS DE PRODUCCIÓN ECOLÓGICA. Junta de Andalucía .2006.
- ✓ Strande ,L. Manejo de lodos fecales. IWA Publishing.2014.
- ✓ García Zamorano,F., Ruiz Coletto,F., Cano Rodríguez,J., Pérez García,J., Molina de la Rosa,J., C.I.F.A. Cabra-Priego. SUELO, RIEGO, NUTRICIÓN Y MEDIO AMBIENTE DEL OLIVAR. Junta de Andalucía.2010.
- ✓ Gonzalez,V..Pomares,F.. LA FERTILIZACIÓN Y EL BALANCE DE NUTRIENTES EN SISTEMAS AGROECOLÓGICOS.SEA.2008
- ✓ Sastre Conde,I..Respuesta de plántones de olivo a la aplicación como enmienda de lodos residuales tratados.IMIDRA 2009.
- ✓ Costa, F., García, C., Hernández, T. y Polo, A.. Residuos Orgánicos Urbanos. Manejo y Utilización. Ed.: CSIC-CEBAS. Murcia.1991
- ✓ Caracterización de los lodos de depuradora generados en España. MAGRAMA (2009).

