

GESTIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA. ÉI COMPOSTAJE

David González Martínez
Oficina comarcal Agraria vega Media
david.gonzalez@carm.es

1.- INTRODUCCIÓN

Algo común de las sociedades “avanzadas”, propias de los países desarrollados, es la ingente cantidad de residuos derivados de las actividades económicas y de su consumo exacerbado. En el caso de la actividad agraria no ha sido una excepción, sino todo lo contrario, es un claro ejemplo de las cantidades de residuos que generan el sector agrario de los países ricos. La modernización de los elementos de producción y la creciente presión de una, cada vez mayor, población urbanita que vive a consta de, una cada vez menor, población rural, ha propiciado la intensificación de los sistemas productivos agrarios, que conlleva a la generación de una gran cantidad de residuos.

Un claro fenómeno que sirve de ejemplo para ello ha sido la disociación de la agricultura y la ganadería, aunque esto no ha sido siempre así. Desde que se tiene constancia, el hombre ha utilizado los residuos procedentes de las actividades agropecuarias como única fuente de fertilización natural de los cultivos, es más aún, la agricultura, la ganadería y el medio ambiente están muy relacionados entre sí, incluso los dos primeros han sido aliados fundamentales para proteger la naturaleza.

El la actualidad la disociación de estas actividades agrarias ha propiciado la generación de residuos tanto para la actividad ganadera como para la agrícola. Con la instalación de granjas de tipo industrial, que no disponen de terreno agrícola para acoger esos residuos orgánicos, se rompe el perfecto equilibrio existente entre ganadería-agricultura y hace surgir el problema de la contaminación. Otros ejemplos de residuos serian el alpechín, el suero de leche, los restos de cultivo en horticultura y de poda en fruticultura, los purines de cerdo, restos de matadero etc. El adecuado tratamiento, la estabilización y revalorización de estos subproductos, que no se han de considerar residuos, de origen orgánico pueden suponer una estimable fuente de materia orgánica de primer orden para nuestros cultivos.

2.- LA FERTILIDAD DEL SUELO. EL PAPEL DE LA MATERIA ORGANICA

La aptitud que tiene un suelo para producir viene definida por su fertilidad y depende de los factores a los que esta sometido, tanto **abióticos** como **bióticos**. Los elementos que constituyen el primer grupo lo forman: Textura y estructura del suelo, el clima, la topografía, el agua, la materia orgánica (MO) y en general todas condiciones edafoclimaticas. El segundo lo componen la multitud de organismos que lo habitan; microartrópodos, nematodos, bacterias, hongos y actinomicetos y que tienen como fuente primaria de energía la procedente de la MO a la que descomponen liberando gran cantidad de nutrientes asimilables por las plantas. Entre ellos, al igual que en la parte aérea del ecosistema, se establecen una serie de relaciones tróficas que dotan al suelo de estabilidad y de equilibrio, donde son raras las enfermedades. Así pues, podemos decir en cierto modo que la MO tiene una influencia decisiva en la fertilidad del mismo y modula a ambos grupos de factores.

Pero ¿que es la materia orgánica? Se podría definir como restos animales y vegetales en distintos grados de descomposición y por lo tanto puede ser de diferentes tipos:

- **Fresca:** Es aquella que apenas ha sufrido transformaciones como por ejemplo el estiércol
- **Oxidada.** Materia Orgánica fresca triturada y que únicamente ha sufrido un proceso de oxidación
- **Putrefacta.** Fermentada en condiciones anaerobias. Tiene mal olor.
- **Compostada.** Da lugar a un producto de calidad como nutriente para las plantas, el olor es agradable, y como veremos a continuación produce cantidad humus estable
- **Procesada.** Elaboración industrial (pellet).

De forma natural la materia orgánica fresca se transforma en el suelo de la siguiente forma, una parte es mineralizada por los microorganismos que da lugar a la **materia orgánica fugitiva** y es asimilada rápidamente por las plantas. La otra forma compuestos relativamente estables de color oscuro y de naturaleza coloidal, llamado **humus estable** el cual tarda mas tiempo en degradarse y dota a los suelos de calidad.

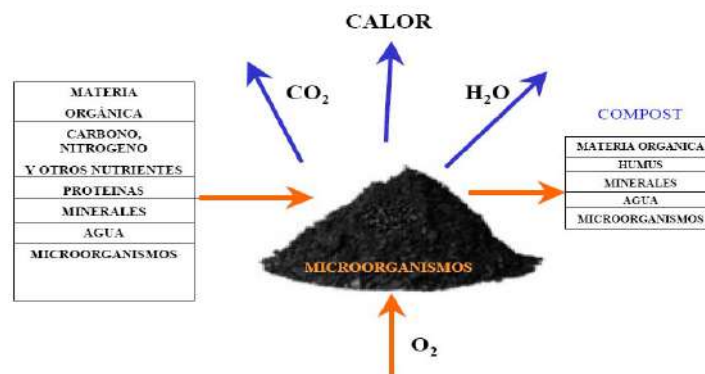
Este proceso, que se produce de forma espontánea en la naturaleza, puede optimizarse y acelerarse mediante la técnica del compostaje. Ella permite transformar grandes volúmenes de MO en abono orgánico con elevados contenido en humus y gran carga microbiana beneficiosa. No es un método nuevo ni mucho menos, hace unas pocas décadas en cualquier casa del medio rural, existía lo que se llamaba el estercolero, donde iban a parar todos los restos domésticos y algunos mas de naturaleza orgánica, donde una vez descompuestos, se usaba como abono en las huertas con muy buenos resultados.

EFECTOS MÁS DESTACADOS DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO

Propiedades Suelo	Efecto	Respuesta
Físicas	Aumento de la capacidad calorífica y reducción de las oscilaciones térmicas. Aumento en la capacidad de retención de agua. Da soltura a los suelos arcillosos y cohesionan a los arenosos. Aumenta la estabilidad hídrica y gaseosa.	Suelos mas calientes en primavera y frescos en verano. Agregación de las partículas aumentando la estabilidad estructural. Facilita el drenaje. Reduce la erosión. Reduce la evaporación.
Químicas	Aumenta el poder tampón Aumenta la capacidad de intercambio cationico Forma fosfhumatos Mantiene las reservas de nitrógeno	Regula el pH cationes asimilables Forma quelatos estables
Biológicas	Favorece la respiración radicular Regula la actividad microbiana Aumenta la actividad enzimática Favorece la sanidad de los órganos subterráneos Fuente de energía para los microorganismos El CO ₂ desprendido favorece la solubilización de compuestos minerales	Favorece el estado sanitario y nutricional de los vegetales Activa los procesos simbióticos (micorizas) Favorece el desarrollo de organismos antagonistas de patógenos (Tricoderma nematodos etc.) Activa la rizogénesis

3.- EL COMPOSTAJE: La palabra *compost* viene del latín significa componer (juntar). Por lo que se podría decir que es la unión de los restos orgánicos que sufren una transformación a través de la oxidación biológica secuencial y que convierte la materia orgánica heterogénea en un producto homogéneo. También se podría decir que es:

- El resultado de una actividad biológica compleja: en realidad es la suma de una serie de procesos metabólicos complejos procedentes de la actividad integrada de un conjunto de microorganismos.
- Una técnica de estabilización y tratamiento de residuos orgánicos biodegradables. El final producto obtenido posee, no solo un importante contenido en materia orgánica estables y nutrientes, sino también una importante carga microbiana, pudiendo ser aprovechado como abono orgánico o como sustrato.
- Una técnica biológica de reciclaje de materia orgánica de distintas actividades, que al final de su evolución da humus, factor de estabilidad y fertilidad del suelo.



3.1.- SISTEMAS DE COMPOSTAJE (Gasser, 1984) Los sistemas de compostaje se pueden clasificar en:

SISTEMAS ABIERTOS

Apilamiento estático

- Con aire por succión
- Con aire soplado y control de temperatura
- Ventilación alternante (succión y soplado) y control de temperatura

Apilamiento con volteo

Apilamiento con volteo y aireación forzada



Apilamiento con volteo



En pilas estáticas aireadas por insuflación (static pile system)

SISTEMAS CERRADOS:

Reactores verticales
Continuos
Discontinuos



Reactores horizontales
Estáticos
Dinámicos o con rotación



Reactor horizontal rotativo, con aireación en contracorriente e inclinación.



Reactor rectangular horizontal con volteadores

COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE COMPOSTAJE (Musting, 1987)

Elemento de comparación	Tamaño en sistemas abiertos	Tamaño en sistemas cerrados
Superficie	Grande	Reducida
Clima	Temperaturas no extremas	Variable y frío
Substrato	Todos, pero con agentes estructurales	Principalmente aquellos con elevada humedad
Tecnología	Relativamente sencilla. Sistemas de aireación 2 opciones: Aireación forzada y volteo	Relativamente sofisticada Sistemas de aireación: múltiples opciones
Sistema	Discontinuo a semicontinuo	Semicontinuo a continuo
Inversiones	De baja a moderada	De elevadas a muy elevadas
Costes de explotación	Variable. Elevada en el caso de utilización de agentes estructurantes	Elevado
Consumo energético	Bajo a medio	Medio a elevado
Mano de obra	Variable, según la instalación: mano de obra no especializada + formación + un técnico	Obrero especializado + técnico
Duración	Fermentación: semanas Maduración: meses	Fermentación: 3 a 15 días Maduración: meses
Tamaño	Todos: pequeñas producciones:<12TMS/día grandes producciones:>300TMS/día	Limitado: -70 – 73 TMS/día
Olores	Problema si: - no hay suficiente aireación - volteos alargados en el tiempo	Se puede controlar según sistema de aireación.

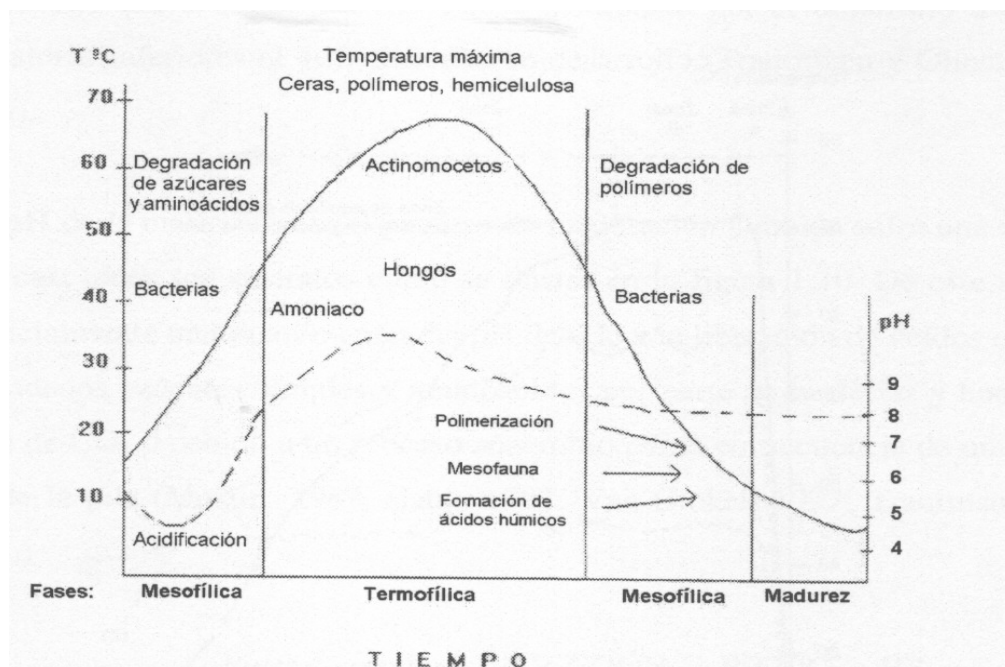
Como vemos los sistemas son múltiples y complejos, nosotros nos vamos a centrar en el sistema de compostaje abierto y con volteo, para estudiar sus fases, por ser el mas frecuente en la fincas agroecológicas y dar un producto de excelente calidad.

3.2.- FASES DEL COMPOSTAJE EN MONTÓN

Se pueden distinguir cuatro fases durante el proceso:

- **Mesófila:** los microorganismos mesófilos (bacterias fundamentalmente) se multiplican rápidamente a costa de los carbohidratos y proteínas más fácilmente asimilables. Como consecuencia de su actividad, sube la temperatura hasta los 60°C provocando la desaparición de este tipo de microorganismos. Este proceso se realiza en los primeros días, en los que por la formación de ácidos orgánicos baja el pH. La microbiota presente durante el proceso pertenece principalmente a bacterias del genero *Bacillus*: *B. brevis*, *B. circulans*, *B. oagulans*, *B.spharicus* *B.licheniformes*, *B subtilis*.
- **Termófila:** Entre los 15 o 20 días, si el montón esta bien aireado, la temperatura sube hasta los 60-70°C partir de 40°C comienzan a desaparecer los microorganismos mesófilos y aparecen los termófilos, hongos y actinomicetos fundamentalmente, que descomponen los compuestos más resistentes (celulosas y hemicelulosas). En esta fases cuando se eliminan gérmenes patógenos y semillas.
- **Enfriamiento:** Con el descenso de la temperatura, vuelven a actuar las bacterias mesófilas, así como los trituradores: insectos, crustáceos, lombrices, dejando preparada la materia orgánica para los hongos humificadores. Dura de 3 a 8 semanas, según condiciones
- **Maduración:** La materia orgánica se va estabilizando adquiriendo las clásicas características de compost como son el olor a mantillo o tierra fresca y un color oscuro. Se voltea el montón para acelerar así la maduración del compost

De forma esquemática se puede representar de la siguiente manera:



El producto así obtenido mediante este proceso es totalmente higiénico ausente de semillas y de cualquier organismo patógeno. El tiempo de destrucción de estos organismos se puede comprobar en la siguiente tabla:

TEMPERATURA Y TIEMPO DE EXPOSICIÓN NECESARIO PARA LA DESTRUCCIÓN DE LOS PARÁSITOS Y PATÓGENOS MÁS COMUNES (GOLUEKE, 1972).

Organismo	Temperatura y tiempo de exposición
Salmonella typhosa	Se elimina rápidamente en el montón de compost. Son suficientes 30 min a 55-60° C para su eliminación. No se desarrolla a temperaturas superiores a 46° C
Salmonella sp.	Se destruye al exponerse 1 hora a 55° C o 15-20 min a 60° C
Shigella sp.	Se destruye al exponerse 1 hora a 55° C
Escheirchia coli	La mayoría mueren con una exposición de 1 hora a 55° C o 15-20 min a 60° C
Taennia saginata	Se elimina en unos pocos minutos a 55° C
Organismo	Temperatura y tiempo de exposición
Larvas de Trichinella spiralis	Mueren rápidamente a 55° C e instantáneamente a 60° C
Brucella abortus	Se elimina con exposiciones a 62-63° C durante 3 min o a 55° C durante 1 hora
Micrococcus pyogenes var. aureus	Muere después de 10 min de exposición a 50° C
Streptococcus pyogenes	Muere después de 10 min a 54° C
Mycobacterium tuberculosis var. hominis	Muere después de 15-20 min a 66° C o instantáneamente a 67° C
Corynebacterium diphtheriae	Se elimina por exposición durante 45 min a 55° C
Huevos de Ascaris lumbricoides	Mueren en menos de una hora a temperaturas superiores a 55° C

3.3.- CONCEPTOS FUNDAMENTALES A CONSIDERAR EN LA ELABORACIÓN DEL COMPOST.

Para la consecución de un compost de calidad tenemos que conseguir unas condiciones idóneas durante el proceso, que las podemos resumir en:

- Los organismos responsables de la transformación de la materia orgánica necesitan nutrientes, presentes en esta, y adecuadas condiciones de humedad y aireación para su desarrollo
- Buena mezcla de materiales orgánicos que garanticen buena relación C/N
- Premezclar el compost cada tres semanas al objeto de airear el montón y aumentar la exposición de los distintos materiales de partida
- Realizar el montón en contacto con el suelo al objeto de que los trituradores y microorganismos puedan ingresar en el montón. En condiciones frías y húmedas o en el caso de estiércoles muy líquidos, donde puede existir riesgo de contaminación subterránea, se puede realizar sobre suelo cementado, pero incorporando compost ya hecho o tierra para su activación.

3.4.- COMPARACIÓN EN LA UTILIZACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA FRESCA O COMPOSTADA.

Ventajas del compost sobre la MO fresca:

- El compost convierte el contenido de nitrógeno presentes en los estiércoles a formas orgánicas, que son mas estables y se producen menores perdidas de nitrógeno (tanto de lixiviados como de volatizados).
- La mayoría de los estiércoles presentan una elevada relación carbono/nitrógeno, que en ocasiones determina una inmovilización estacional del nitrógeno en el suelo, por lo que si utilizamos estiércol fresco lo dejaremos en superficie unos días.
- El calor generado en el proceso del compostaje destruye las semillas que pudieran estar presentes en el estiércol, así como determinados virus, bacterias y patógenos como hemos visto.
- Con la aplicación de materia orgánica mediante compost se evitan los malos olores que produce el estiércol fresco.
- Facilidad de manipulación, envasado y comercio.
- Compuesto mas estable y equilibrado que el estiércol.
- Mayor contenido de transformación en humus.

30Tm de estiércol fresco → 3 Tm de humus en superficie

30Tmde estiércol fresco → 10 Tm de compost → 6Tm de humus en montón

Desventajas del uso de compost:

- De tipo económico. El proceso requiere cierta inversión, aunque en la mayoría de las granjas se puede realizar con la maquinaria existente. La compra del producto elaborado suele ser cara.
- Disponibilidad de terreno para ir almacenando los materiales de partida, otro para mantener el compost en las distintas fases maduración
- Mezcla de materiales iniciales. El elemento mezclador de los materiales será de unas características en función de la compacidad de estos.
- El tiempo en la elaboración del mismo (meses en función de los materiales de partida y de las condiciones ambientales). Lo habitual es tener varios montones en distintas fases de compostaje en función de nuestras necesidades.
- De tipo medioambiental sobre todo en el almacenaje de los elementos de partida y en el de la fase de maduración.
- Creencia que es de escaso valor fertilizante debido al bajo contenido en macronutrientes. En suelos degradados o con escasa actividad microbiana requieren aportes periódicos que serán menores a lo largo del tiempo conforme se vaya acumulando humus estable.

Ventajas del Estiércol

- Por el alto contenido en nitrógeno ureico, rápidamente asimilable en puede ser útil en determinadas circunstancias:
 - En los primeros años de conversión en los que el suelo es pobre en humus y por tanto en nutrientes.

- Para desinfectar el suelo. Biofumigación
- Necesidad estacional de gran demanda de nutrientes por los vegetales o bien que estos sea muy ávidos en nutrientes. (Solanáceas, tomates).
- Posibilidad de incorporarlos en el sistema de riego (fracción líquida) previo filtrado con las debidas precauciones.
- Las materias orgánicas en curso de humificación producen sustancias de carácter hormonal, que actúan de forma favorable sobre la fisiología de las plantas y sus condiciones de nutrición.
- No es necesaria planta de compostaje

Desventajas del estiércol

- Puede favorecer el desarrollo de adventicias, plagas y enfermedades
- Perdidas de nitrógeno
- Posible contaminación de los productos agrícolas
- Posible bloqueo estacional de nitrógeno

3.5.- CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE PARTIDA

Es conveniente saber cuales son los materiales iniciales apropiados para comportar, así como las características de cada uno de ellos:

UTILES

Restos de frutas y verduras
 Restos de jardines y parques
 Excrementos de animales
 Restos de comida
 Restos de astillas de leña
 Tierra
 Cenizas y papel en poca cantidad

NO UTILES

Latas y otros metales
 Botellas y otro vidrios
 Bolsas, botellas de plástico
 Zapatos y textiles
 Muchos papeles
 Pinturas y otras sustancias

Según su naturaleza química:

- Orgánicos.
 - Ricos en carbono
 - Ricos en nitrógeno
- Minerales. En realidad son complementos del compostaje:
 - Residuos básicos Ej. residuos de la minería

- Sales minerales a partir de rocas minerales

- Mixtos Ej. Residuos de filtraje inorgánicos colmatados por residuos orgánicos)

Según su estado físico:

- Sólidos
- Semisólidos

Según su origen

- Actividades domesticas
- Actividades industriales
- Actividades agrícolas

3.6.- VARIABLES A CONTROLAR EN EL PROCESO

- **Aireación.** Para que los microorganismos realicen las transformaciones deseadas, es necesario la presencia de oxígeno por doble motivo. Por un lado lo necesitan de forma vital, y por otro para permitir la evacuación del dióxido de carbono. Cuando por el contrario la aireación del montón es nula o insuficiente se produce una serie de reacciones anaerobias que estropean el producto final. La demanda de aireación también es variable a lo largo del proceso, siendo baja en la fase mesófila y máxima en la fase termofila para disminuir de nuevo en la fase de maduración. Considerar también que una aireación excesiva puede desecar el montón incluso parar el proceso.

- **Humedad.** Los microorganismos necesitan el agua como elemento transportador para asimilar los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular. La humedad optima en el proceso se puede fijar en torno al 55% dependiendo de la naturaleza de los materiales y del proceso de compostaje (cuando se trata de elementos secos como aserrín, paja, hojas secas, etc. la humedad necesaria será mayor). El exceso de humedad determinaría una deficiente aireación con el consabido riesgo. Un déficit de humedad puede provocar un aumento de la temperatura por encima de los valores adecuados.

- **Temperatura.** En el proceso varia en función del la actividad metabólica de los microorganismos. En general se sitúa alrededor de 60-70 °C la temperatura optima para la descomposición de los materiales mas difícilmente atacables de la materia orgánica. No se aconseja que la temperatura suba por encima de este valor, para evitar la muerte térmica de los microorganismos. Así mismo la temperatura depende del material, existen materiales que requieren temperaturas mas bajas. El control de la temperatura es esencial en el proceso. Si la temperatura no sube, lo normal es que se deba un alta relación C/N o a falta de activadores del proceso. Por el contrario altas temperaturas pueden ser controladas mediante la humectación de la pila, ya que de lo contrario, se podría provocar una pasterización deteniéndose el proceso, fenómeno que solo debe permitirse al final de la fase termófila.

- **pH** A lo largo del proceso este parámetro varia, al principio desciende el pH por la acción metabólica de las bacterias responsables de la transformación de los compuestos

carbonados fácilmente degradables en ácidos orgánicos. A continuación aumenta debido a la formación de amoníaco alcanzando valores de 8,5, que coincide con el máximo de actividad de la fase termófila. Finalmente desciende a valores comprendidos entre 7 y 8 debido al carácter tampón de la materia orgánica. Valores muy bajos pueden indicar la presencia de procesos anaerobios. Por el contrario valores muy elevados pueden ser debidos a la formación de nitrógeno amoniacal y a la consiguiente perdida.

- **Factores nutricionales de los microorganismos.** El carbono es utilizado como fuente de energía, y el nitrógeno para la síntesis de proteínas. Las formas de carbono más fácilmente atacables por los microorganismos son los azúcares y las materias grasas, dos tercios de este son quemados y transformados en CO₂, el resto forma parte del protoplasma celular de los microorganismos. En la constitución de las proteínas son fundamentales el nitrógeno, el fósforo y el azufre, pero estos últimos en menores cantidades. El nitrógeno que se encuentra en casi su totalidad en forma orgánica de donde debe ser extraído o modificado por los microorganismos para poder ser utilizado por éstos, preferentemente lo metabolizan en forma de amonio. El nitrógeno orgánico soluble debe prácticamente desaparecer al final del proceso. Por el contrario, el nitrógeno no hidrolizable o difícilmente mineralizable debe aumentar.

- **Relación C/N.** Es un índice de primer orden a considerar en el inicio del proceso del compostaje. Debe oscilar entre valores de 25-35. Si este valor es superior el proceso se alarga en función de lo elevada que sea la relación, hasta que el exceso de C se oxide para alcanzar los valores adecuados, por el contrario si es inferior a los valores de referencia se producen perdidas de N en forma de amoníaco y dará lugar a un compost con humus poco estable y nutritivo. Esta relación también es variable en función de los materiales de partida, así pues materiales que tienen carbono formando parte de los compuestos resistentes como las ligninas, permiten relaciones mas altas, ya que la relación optima dependerá de la disponibilidad de carbono para los microorganismos.

PARAMETRO	RESUMEN DE LAS CONDICIONES EN UN PROCESO IDEAL
	VALOR
RELACION INICIAL C/N	30-35:1
RELACION INICIAL C/P	75-150:1
TAMAÑO DE PARTICULA	12.5 mm PARA PLANTAS DE FORZADO. 50mm PARA PLANTAS SIN AIREACION Y AGITACION FORZADA
CONTENIDO HUMEDAD	50-60%
AIREACION	MANTENIMIENTO DE NIVELES DE OXIGENO 10-18%
TEMPERATURA	55°C
AGITACION	VARIABLE EN FUNCION DE LA FASE Y EL METODO
CONTROL DEL Ph	NORMALMENTE NO SE CONTROLA
TAMAÑO DE LA PILA	LONGITUD INDEFINIDA, 1.5m DE ALTO Y 2.5m DE BASE. EN EL CASO DE AIREACION FORZADA EN FUNCION DE LAS NECESIDADES DE PRECALENTAMIENTO

Los ingredientes para el compostaje son productos de orígenes orgánicos y residuales. No es frecuente que un solo material residual tenga todas las características requeridas para un compostaje ideal, por lo que será necesario frecuentemente recurrir a la mezcla de diversos materiales iniciales para obtener un producto con las características adecuadas. Vamos a continuación a ver las propiedades de algunos de los materiales susceptibles de compostar y su manejo.

El estiércol de vacuno. En general se trata de un material rico en nitrógeno y muy húmedo. La relación C/N va a depender de de la cantidad de paja utilizada en la cama, del manejo de los animales, de la dieta y del clima. Generalmente este residuo requiere mezcla con materiales ricos en carbono y secos. Con frecuencia son necesarios de dos a tres volúmenes de enmienda por volumen de estiércol.

El purín de cerdo. Es un residuo que se ha de separar en dos fracciones, sólida y líquida, la primera es compostable, pero debido a su alto contenido en N y humedad es conveniente mezclarla con otro material rico en C y desecante. La segunda es un buen material para disminuir la relación C/N y aumentar la humedad de las mezclas.

El aserrín. En general tiene bajo contenido en humedad y muy alto contenido en carbono, por lo que tiene poca capacidad de compostar por si solo. Es un buen absorbente de humedad y malos olores.

Los restos de poda. Suele ser un material seco y con alto contenido en carbono. Necesitan de trituración previa para reducir las a astillas, lo que proporciona un buen material de relleno para dar volumen o aireación de la pila y para aumentar la relación C/N

Las hojas. Son relativamente secas y tienen alto contenido en carbono presentan buena degradabilidad si están troceadas.

Materiales tipo césped. Contienen alto contenido en humedad y son ricas en nitrógeno. En fresco es un material con poca aireación, por lo que será conveniente secarlo y mezclarlo. Es de considerar que los materiales procedentes de los jardines urbanos pueden contener residuos procedentes del humo de los vehículos.

En las siguientes tablas se muestran las características de distintos subproductos que debemos conocer para realizar las mezclas adecuadas.

MATERIAL	VALOR	CONTENIDO HUMEDAD %	% NITROGENO	RELACION C/N
RESIDUOS DE FRUTAS	RANGO	62-80	0,9-2,6	20-49
	MEDIA	80	1,4	40
HUESOS DE ACEITUNA	TIPICO	8-10	1,2-1,5	30-35
CASCARA DE ARROZ	RANGO	7-12	0-0,4	0,3
	MEDIA	14	-	-
RESIDUOS VEGETALES	TIPICO	-	2,5-5	11-13
RESIDUOS DE MATADERO	TIPICO	10-78	13-14	3-3,5

MATERIAL	VALOR	CONTENIDO HUMEDAD %	NITRÓGENO %	RELACION C/N
RESIDUOS DE PESCADO	RANGO	50-81	6,5-14,2	2,6-5
	MEDIA	76	10,6	3,6
ESQUELETOS DE POLLO	TIPICO	65	2,4	5
ESTIERCOL DE GALLINA	RANGO	67-87	1,5-4,2	11-30
	MEDIA	81	2,4	19
ESTIERCOL DE VACA	RANGO	67-87	1,5-4,2	11-30
	MEDIA	81	2,4	19
VACA EN ESTABULACION	TIPICA	79	2,7	18
VACA SEMIESTABULADA	TIPICA	83	2,7	13
ESTIERCOL DE OVINO	RANGO	60-75	1,3-3,9	13-20
	MEDIA	69	2,7	17
PURINES	RANGO	65-91	1,9-4,3	9-19
	MEDIA	80	3,1	10
BASURA	TIPICO	69	1,9-2,9	14-16
PAPEL USO DOMESTICO	TIPICO	18-20	0,2-0,25	127-178
Lodos Activos de Aguas Residuales Urbanas	RANGO	72-84	2-6,9	5-16
	MEDIA	-	5,6	6
LODOS DIGERIDOS	TIPICO	-	1,9	16
MAIZ DE ENSILADO	TIPICO	65-68	1,2-1,4	38-43
HENO GENERAL	RANGO	8-10	0,7-3,6	15-32
	MEDIA	-	2,1	-
HENO DE NO LEGUMINOSA	RANGO	-	0,7-2,5	-
	MEDIA	-	1,3	32
HENO DE LEGUMINOSA	RANGO	-	1,8-3,6	15-19
	MEDIA	-	2,5	16
PAJA EN GENERAL	RANGO	4-27	0,3-1,1	48-150
	MEDIA	12	0,7	80
PAJA DE CEBADA	RANGO	-	0,6-1,1	48-98
	MEDIA	-	0,9	60
PAJA DE TRIGO	RANGO	-	0,3-0,5	100-150
	MEDIA	-	0,4	127
CORTEZA MADERA DURA	RANGO	-	0,1-0,41	116-436
	MEDIA	-	0,24	223
CORTEZA MADERA BLANDA	RANGO	-	0,4-0,39	131-1285
	MEDIA	-	0,14	223
RESIDUOS PERIODICOS	TIPICO	3,8	0,06-0,14	398-825
LODOS INDUSTRIA PAPEL	TIPICO	81	0,56	54

MATERIAL	VALOR	CONTENIDO HUMEDAD %	% NITROGENO	RELACION C/N
PULPA DE PAPEL	TIPICO	82	0,59	90
SERRIN	RANGO	19-65	0,06-0,8	200-750
	MEDIA	39	0,24	442
RESIDUOS DE MADERAS BLANDAS	RANGO	-	0,06-0,11	451-819
	MEDIA	-	0,09	560
RESIDUOS DE MADERAS	RANGO	-	0,04-0,23	212-1313
	MEDIA	-	0,09	641
RESTOS VEGETALES DE JARDINERIA	RANGO	-	2-6	9-25
	MEDIA	82	0,9	17
PODA DE ÁRBOLES	TIPICO	70	3,1	16

3.7.- PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE LA PROPORCION DEL LOS MATERIALES A MEZCLAR PARA UNA ADECUADA RELACION C/N (Fitzpatrick,1993)

La cantidad de residuo A en Kg. necesarios para mezclar por cada Kg. de residuo B para obtener una relación C/N determinada, serán:

$$(C \text{ en 1Kg de B}) - (\text{relación de C/N deseada}) \times (N \text{ en 1Kg de B})$$

$$S = \frac{\quad}{\quad}$$

$$(N \text{ en 1Kg de A}) \times (\text{relación de C/N deseada}) - (C \text{ en 1 Kg. de A})$$

$$(\text{Peso agua en un Kg.de A}) \times \text{Peso A} + (\text{Peso ag. en un Kg.de B}) \times \text{Peso B}$$

$$H = \frac{\quad}{\quad}$$

Peso total

Donde : S = Kg de residuo A. Peso de agua = peso total x contenido de humedad

C = contenido en carbono Peso de materia seca = peso total – peso del agua

N = contenido en nitrogeno Peso de nitrogeno (N) = peso de Mat. seca x (%N/100)

H = Humedad Peso de carbono(C) = C/N x peso de nitrogeno

En la web existen hojas de Excel que calculan la cantidad a mezclar de dos o más materiales de forma adecuada http://compost.css.cornell.edu/composting_homepage.html

Moisture and Carbon/Nitrogen Ratio Calculation Spreadsheet
 Developed by Tom Richard, Department of Agricultural and Biological Engineering, Cornell University

To use this spreadsheet, insert data in the first table for your ingredients (up to four ingredients).
 The spreadsheet then calculates the mixture moisture content and C/N ratio.
 Alternatively, the spreadsheet will calculate the proper proportions for moisture and/or C/N goals (see below)

For further explanations of the formulas embedded in this worksheet, see the Science and Engineering section of the Cornell Composting web site: <http://www.cals.cornell.edu/dept/compost/>

NOTE: do not copy and paste the existing data out of the table, as the formulas may remain tied to the old data.
 Input areas are shaded blue or purple. Formula results are in red cells.

Ingredient	% Moisture	% Carbon	% Nitrogen	Mass (kg or lbs)
grass	77.0	45.0	2.4	10.00
leaves	35.0	50.0	0.8	13.52
food scraps	80.0	42.0	5.0	0.14
water	100.0	0.0	0.0	0.00

Calculated mixture moisture content: **60.0** (masses as specified)
 Calculated mixture C/N ratio: **30.0** (masses as specified)

The required mass of the third material can be determined given characteristics, the masses of the first two, and goals:
 moisture goal: 60.0 (set these goals to match your requirements)
 C/N ratio goal: 30.0

Calculated mass of third ingredient: food scraps
 To achieve moisture goal: **0.15**
 To achieve C/N goal: **0.15**

For these same moisture and C/N goals, the required mass of the fourth material can be determined given the masses of the first three:
 Calculated mass of fourth ingredient: water
 To achieve moisture goal: **0.01**
 To achieve C/N goal: **#DIV/0!**

Notes: negative numbers indicate that the characteristics of the added ingredient are not

3.8.- MEZCLA Y CONSTITUCIÓN DE LA PILA.

Materiales sólidos: Fundamental en el éxito para la obtención de un buen compost es la realización de una mezcla homogénea de los materiales originales a compostar. Para el compostaje en montón con aireación pasiva o por volteo, la mezcla y la formación de la pila se pueden realizar en una sola operación. Por el contrario cuando la aireación sea forzada, la mezcla se realiza previamente debido a que los conductos de emisión de aire van en la base de la pila. En los sistemas de compostaje cerrados no será necesaria esta operación ya que va incluida en el sistema. La maquinaria requerida en estas operaciones es de tipo convencional como: Cintas transportadoras, palas mecánicas, remolques esparcidores, mezcladores tipo hormigonera, equipos combinados, etc. Aunque para la realización de estas operaciones son suficientes un remolque y tractor con pala, equipos muy comunes en una granja.

Materiales líquidos Este tipo de materiales presenta problemas añadidos como son la dificultad de manejo, la posibilidad de encharques de las pilas y los malos olores. En función de la capacidad de absorción del resto de los materiales compostables serán utilizados inicialmente o como humectantes y correctores de la relación C/N a lo largo del proceso. En el caso de los purines, son residuos que además de un alto contenido en humedad (65-91%) tienen un elevado contenido en N₂. En su manejo se puede proceder: Mezclándolos con otros materiales secos y con alto contenido en C o bien separando las dos fracciones, sólida y líquida, bien por evaporación o por procedimientos mecánicos, compostando la sólida sola o junto con otros materiales y almacenando la líquida para ser utilizada a lo largo del proceso como corrector y/o humectante.

Otra utilización de estos materiales sería la del “**compostaje en superficie**” técnica muy sencilla y rápida. Dado que se trata de un material rico en N, lo adecuado sería hacer una aplicación al suelo sobre restos de compuestos ricos en C (paja o restos de poda triturados) buscando una idónea relación C/N. La cantidad máxima a aplicar será

la de 170 Kg. por ha y año. Que equivale a unos 35 m³/ha dependiendo de la dieta de los animales y del tiempo de almacenaje previo

3.9.- CONDICIONES DE UBICACIÓN. CONSIDERACIONES AMBIENTALES

Requisitos de desagüe: La buena nivelación del terreno de la planta de compostaje es fundamental para evitar la formación de charcos en el interior de las pilas, Estas deben de ocupar una posición perpendicular a la pendiente del terreno. La inclinación del terreno en la planta de compostaje tendrá una pendiente como mínimo de un 1%, aunque lo ideal es que sea de un 2 o 4%, no debiendo superar el 7% ya que de lo contrario pueden aparecer problemas de erosión. Los lixiviados en función de su cuantía serán conducidos a un zona de almacenamiento para su posterior utilización como corrector o humectante.

Medidas mínimas de protección para evitar la contaminación:

- Mantenimiento de la humedad por debajo de 65%
- Mezcla de los materiales iniciales en los rangos de relación C/N para evitar las pérdidas de N
- Evitar verter los lixiviados a zonas susceptibles de contaminación
- Evitar la acumulación de las aguas pluviales en la planta de compostaje
- Almacenar los materiales de partida y los compost terminados en zonas cubiertas y lejos de aguas superficiales y zonas de drenaje.
- Los materiales de partida que tengan mucha humedad se han de almacenar a cubierto en zonas con superficies impermeables y con sistema de recogida de lixiviados para su posterior utilización.

Es importante que exista una zona de amortiguación entre una planta de compostaje y los acuíferos y núcleos de población cercanos. En el primer caso, para la preservación de las aguas subterráneas y superficiales, y en el segundo para evitar las molestias motivadas por los malos olores, ruidos de la maquinaria etc. Debido a los posibles problemas de contaminación ambiental que pueden ocasionar el proceso de compostaje es necesario tomar las medidas de precaución establecidas en el Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero que incorpora la Directiva 91/676 CEE, de 12 de diciembre sobre la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos y el Código de Buenas Practicas Agrarias de la Región de Murcia contemplado en la Orden de 3 de diciembre de 2003.

EVALUACION DE LA MADUREZ DE UN COMPOST

El tiempo de compostaje depende fundamentalmente de los materiales a compostar y de los objetivos a conseguir (humus estable, reducción de la fitotoxicidad, patogeneidad, eliminación de semillas etc.) y de la climatología de la zona donde se encuentre el campo de compostaje. La incorporación al suelo de un compost inmaduro puede acarrear una serie de problemas como:

- Bloqueo estacional del N del suelo debido a la alta relación C/N
- Puede provocar un descenso del contenido de oxígeno de suelo y del potencial redox.
- Creación de zonas fuertemente reductoras facilitando la solubilización de los metales pesados.
- Presencia de sustancias fitotóxicas.

Debido a la complejidad del proceso, no existe un único método para la determinar del grado de madurez. Los más usados son:

Parámetros físicos: Parámetros físicos: Son los habituales, debido a su sencillez y en general es un buen método cuando se tiene la suficiente experiencia.

Olor: El Compost maduro no debe tener olores desagradables, ha de oler a tierra húmeda y a chocolate

Color: La coloración del producto ha de ser en todos los casos oscuro. La formación de zonas más claras en el interior del montón nos pueden indicar procesos de anaerobios.

Temperatura: Un compost se considera maduro cuando a pesar del volteo de la pila la temperatura permanece estable.

Estudios de la fracción húmicas:

Compuestos húmicos: Cuando están presentes en el producto son un indicativo de la madurez, así la relación entre el carbono de los ácidos fúlvicos y el de los ácidos húmicos tiende a disminuir a lo largo del proceso.

Cromatografía circular: Consiste en aislar las sustancias húmicas del compost y colocarlas en un papel filtro previamente tratado con nitrato de plata, los compuestos poco polimerizados son muy móviles y se alejan del centro. Cuando el compost está maduro la mancha que aparecerá en el papel será más intensa en el centro y más clara en los bordes.

Métodos calorimétricos. Se basan en la determinación de la densidad óptica de un extracto de pirofosfato de las sustancias húmicas. A lo largo del proceso se pone de manifiesto la variación de una curva típica, que puede señalar la aparición de un umbral de madurez. Otro método similar es el cálculo de la absorbancia del extracto alcalino a 460 y 660 nm.

Estudios de la actividad microbiana: La estabilidad del compost se puede expresar como una función de la actividad microbiológica; puede determinarse por la tasa de toma de O₂, tasa de producción de CO₂, o por la liberación de calor, como resultado de la actividad de los microorganismos

El método en función de la tasa de producción de CO₂, consiste en medir la respiración durante la incubación a 34°C en 24 horas. Este método es también utilizado para estimar la cantidad de nitrógeno liberado en el suelo después de aplicar el compost.

Métodos químicos

Relación C/N: Es el criterio tradicionalmente utilizado. Puede presentar dificultad en la homogeneidad de la muestra, un compost se considera maduro cuando la relación es de 10 o 12, aunque en la práctica este valor puede ser mayor, sobre todo si el carbono está en formas resistentes (celulosas y ligninas), que no pueden ser utilizadas inmediatamente por los microorganismos

Relación C/N en extracto acuoso: Dicho índice está basado en que la determinación del C y N orgánicos disminuye a lo largo del proceso, hasta estabilizarse en valores de entre 5 o 6 cuando el producto ha madurado. A diferencia del anterior método, este presenta unos valores mucho menos variables

Determinación de la DQO: La determinación de la demanda química de oxígeno es un método sencillo, que básicamente consiste en la oxidación del material mediante dicromato potasio y posterior valoración con sulfato ferroso amónico

Medición del pH: El valor de este parámetro se ha de estabilizar al final del proceso entre 7 y 8

Capacidad de intercambio catiónico: Diversos estudios ponen de manifiesto que el valor de CIC aumenta a medida que aumenta el grado de estabilidad de la materia orgánica

Conductividad eléctrica: Aunque la conductividad eléctrica no es un parámetro fundamental en la determinación de la madurez de un compost, sí puede ser un indicativo de posibles problemas que pudieran originarse. Generalmente la CE no varía durante el compostaje pero aumenta considerablemente en la época de maduración. En esta fase actúan las bacterias nitrificantes y aparecen iones nitratos, calcio y magnesio aumentando el valor de este parámetro.

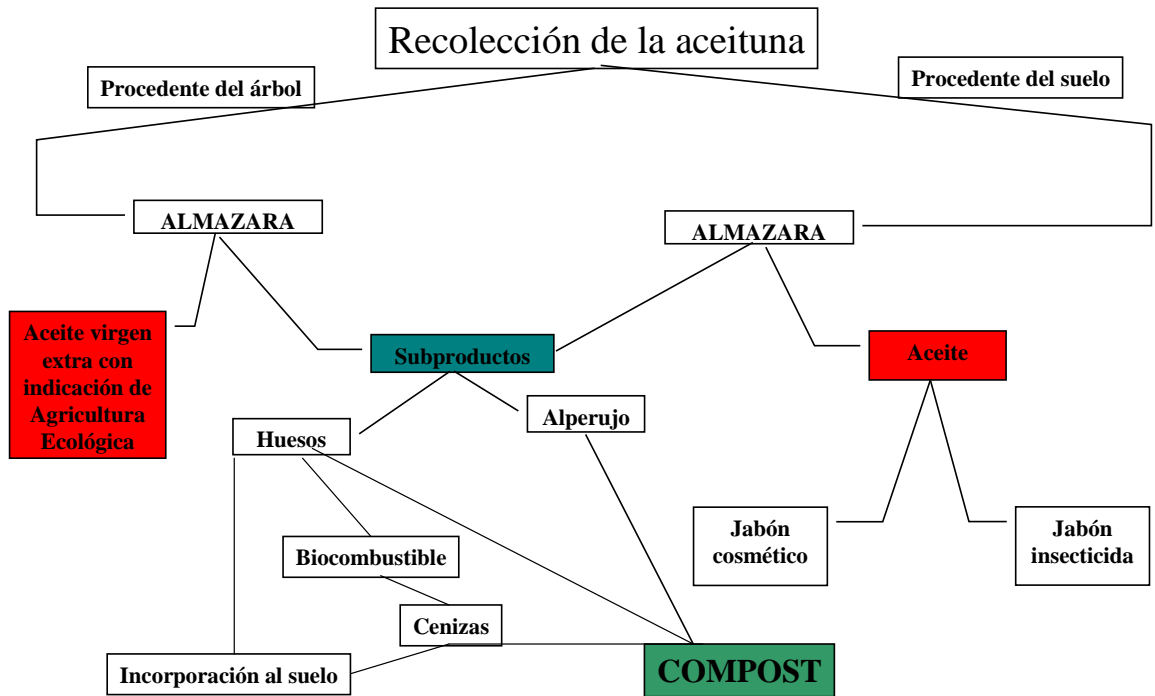
Métodos biológicos: Se basan fundamentalmente en el efecto negativo que tienen sobre la germinación de las semillas la utilización de compost inmaduros o mal elaborados. Esto es debido a la presencia de compuestos fitotóxicos. Consisten en la introducción, en un petri de incubación, de un extracto acuoso del compost a determinar y realizar un test de germinación de las semillas. Una germinación de más del 50% se considera que el compost está maduro. Fitotoxicidad como indicador de la madurez de un compost. (Graves, R.E .2000)

Clasificación de toxicidad	% de inhibición de plantas
Extremadamente tóxico	81-100
Altamente tóxico	61-80
Tóxico	41-60
Moderadamente tóxico	21-40
Ligera toxicidad -No tóxico	0-20

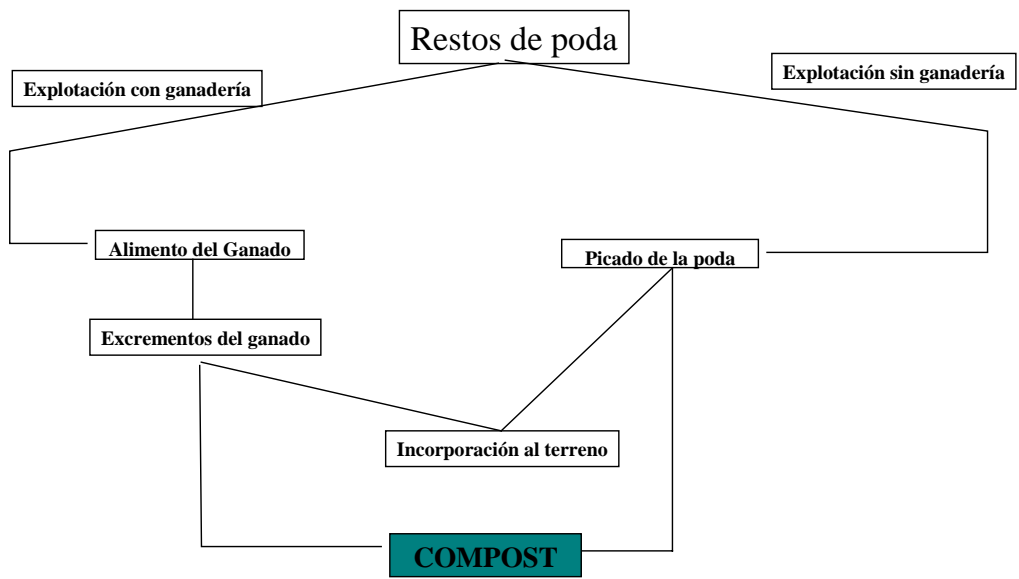
4.- GESTIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LAS EXPLOTACIONES

A continuación en forma esquemática describiremos la forma adecuada de revalorizar los subproductos de distintas actividades agrarias.

GESTIÓN DE LOS PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS DE LA ALMAZARA



GESTIÓN DE LOS RESTOS DE PODA DEL OLIVAR ECOLÓGICO

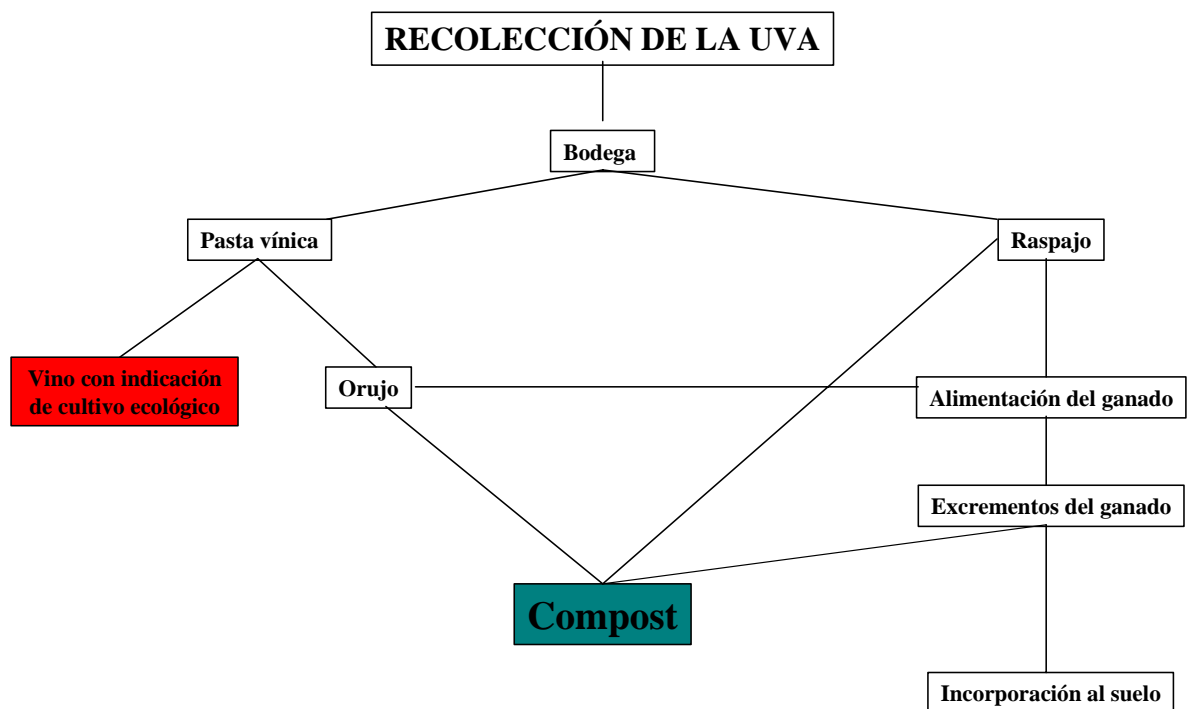


OLIVICULTURA SOSTENIBLE

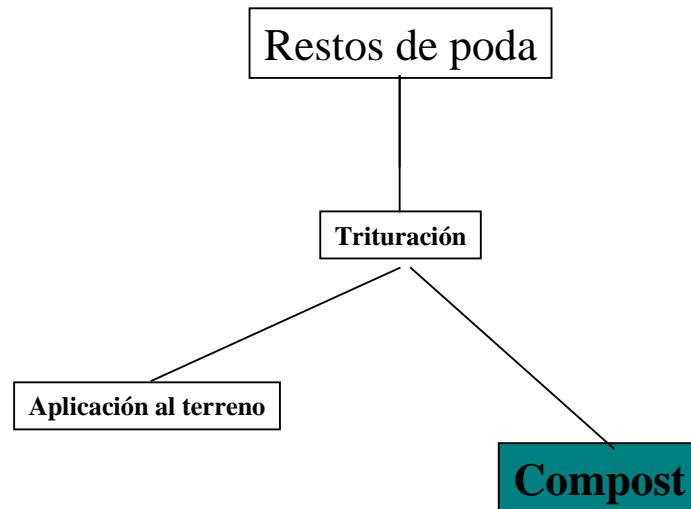


El principal producto obtenido en la almazara, el aceite, tiene como elementos principales el C, H y O, quedando el N, P y K en el alpeorujo. Un tratamiento adecuado de este, permite devolver al suelo estos macronutrientes

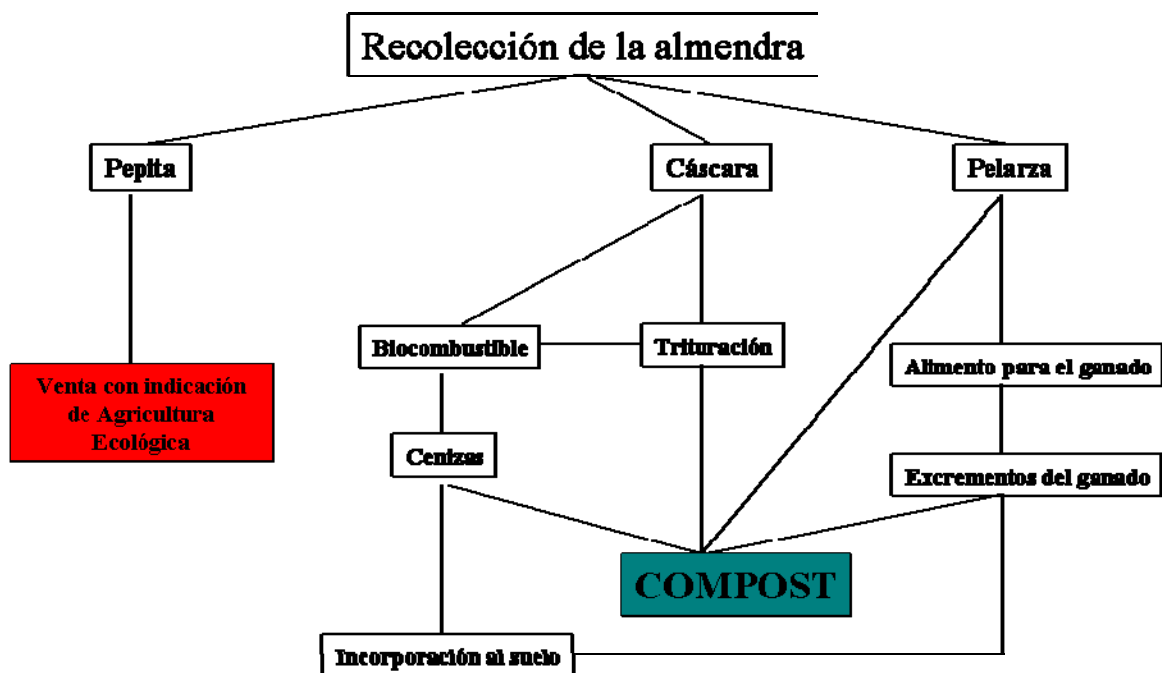
GESTIÓN DE LOS PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS DE LA VENDIMIA



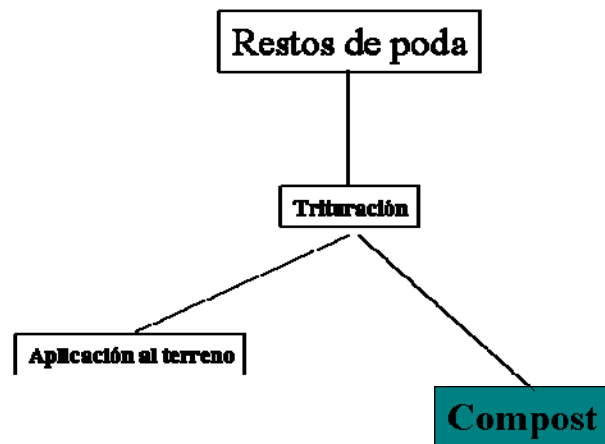
GESTIÓN DE LOS RESTOS DE PODA DEL VIÑEDO ECOLÓGICO



GESTIÓN DE LOS PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS DE LA ALMENDRA



GESTIÓN DE LOS RESTOS DE PODA DEL ALMENDRO ECOLÓGICO



GESTIÓN DEL CEREAL EN CULTIVO ECOLÓGICO

