

**ESTUDIO SOBRE MEZCLAS ÓPTIMAS DE MATERIAL VEGETAL PARA
COMPOSTAJE DE ALPERUJOS EN ALMAZARAS ECOLÓGICAS Y
CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LOS COMPOST PRODUCIDOS**

1.	<i>Antecedentes</i> -----	2
2.	<i>Recopilación de datos de experiencias realizadas hasta la fecha</i> -----	4
	Caracterización -----	4
	El compostaje de alperujo-----	8
	Experiencias en marcha de compostaje de alperujos -----	15
3.	<i>Definición de otras materias primas complementarias y su composición</i> -----	22
4.	<i>Estudio de varios modelos teóricos de mezcla para obtener productos de calidad</i> -----	25
5.	<i>Recomendaciones derivadas de la comparación de los datos anteriores</i> -----	38
	Algunas reflexiones -----	40
	Centro del compost-----	41

ESTUDIO SOBRE MEZCLAS ÓPTIMAS DE MATERIAL VEGETAL PARA COMPOSTAJE DE ALPERUJOS EN ALMAZARAS ECOLÓGICAS Y CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LOS COMPOST PRODUCIDOS

1. Antecedentes

La Agricultura Ecológica es un sistema de producción agrícola y ganadero cuyo fin principal es la producción de alimentos de la máxima calidad, conservando y mejorando la fertilidad del suelo sin el empleo de productos químicos de síntesis ni en la producción ni en las posteriores transformaciones de los productos. La incorporación al suelo de residuos de las cosechas y la elaboración de compost a partir de dichos residuos son algunas de las técnicas de cultivo dentro de la Agricultura Ecológica, con las que se persiguen mantener e incrementar la fertilidad y productividad del suelo.

La centrifugación de dos fases es el sistema de extracción de aceite de oliva mas extendido actualmente en Andalucía. Esta tecnología genera por una parte aceite, y por otra una sustancia llamada orujo de dos fases, orujo húmedo de aceituna o alperujo con unas propiedades intermedias entre el alpechín y el orujo producido en el anterior sistema de tres fases.

Una buena parte de este alperujo se usa, hoy en día, para su valorización energética como combustible para la obtención de energía eléctrica una vez le ha sido extractado su aceite residual.

Sin embargo estos procesos, en ciertas condiciones, han estado cuestionados económicamente por los altibajos del propio mercado del aceite de orujo y del orujillo que son los dos productos principales de la industria antes citada.

Asimismo ha sido debatida la adecuación medioambiental en algunas localidades por la posible contaminación atmosférica de las plantas extractoras al estar utilizando una tecnología poco ajustada.

Mencionar que además de esta alternativa, muy extendida, de gestión del alperujo, existen las bastante menos conocida de producción de químicos como el antioxidante hidroxitirosol mediante un tratamiento de vapor o la producción de biodiesel o bioetanol para su utilización como combustibles de motores de explosión. Al igual que en los casos anteriores se encuentra aún en fase de desarrollo la opción de utilización de este subproducto como materia prima para fabricar bloques alimenticios (feed blocks) para el ganado de zonas áridas o semiáridas.

Actualmente, las grandes cantidades de alperujo existentes, así como, la escasez de fuentes de materia orgánica que pueda incorporarse a los suelos de cultivo, han hecho que surjan iniciativas donde se opta por la valorización de este subproducto como abono, aprovechando sus propiedades fertilizantes frente a la otra alternativa más implantada de extracción del aceite residual o/ y su uso para la cogeneración eléctrica.

Esta aplicación como enmienda orgánica en suelos se ha presentado inicialmente como una solución sobretodo para las situaciones en que es elevada la distancia desde la almazara a una central de tratamiento pero también en el caso de las almazaras de producción ecológica e integrada.



Se debe esta iniciativa a que es especialmente importante dentro de la Olivicultura Sostenible y en la Ecológica en particular, la necesidad de restituir al suelo, sin utilizar abonos químicos, elementos que se extraen con las sucesivas cosechas de la aceituna.

De esta manera, se consigue que un subproducto con problemas de eliminación que generaba en muchas ocasiones costes añadidos, además de riesgos medioambientales, se convierta en una fuente de recursos para la fertilización.

ANDALUCIA	Miles Tm	
Orujo de uva	40	0,4%
Alpeorujos	3.266	29,3%
Purines porcinos	1.246	11,2%
Otros estiércoles	6.458	57,9%
Restos hortícolas y otros	150	1,3%
	11.160	

En un reciente estudio de mercado del compost elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente se dan estas cifras globales de producción de residuos agrícolas y ganaderos en el estado español. La producción de alperujos representa solo el 5,1 % a nivel estatal mientras que supone el 29,3 % en el ámbito de la Comunidad Autónoma.

ESPAÑA	Miles Tm	
Orujo de uva	690	0,9%
Alpeorujos	3.897	5,1%
Purines porcinos	12.310	16,2%
Otros estiércoles	58.650	77,0%
Hortícolas y otros	586	0,8%
	76.133	

2. Recopilación de datos de experiencias realizadas hasta la fecha

Caracterización

Desde hace tiempo se han investigado los efectos de los residuos de la agroindustria del olivar en las características físico-químicas y biológicas del suelo^{1 y4}. Se ha trabajado en la aplicación de esos residuos de la extracción del aceite de oliva, ya sea mediante el sistema de extracción en dos fases, como por el sistema de extracción en tres fases². También se ha estudiado la incorporación de los restos de poda picados en el suelo³.

En cuanto a subproductos del sistema de dos fases, y en particular el alperujo, en los últimos años distintos grupos⁴ han estado trabajando en la posibilidad de valorizarlos. Así y en síntesis, se caracterizó este residuo con capacidad a ser reciclado y se han obtenido los resultados siguientes:

Se trata de un material con una importante dificultad de manejo por su alto contenido en humedad. Es fundamentalmente de componente orgánica con un pH ligeramente ácido y valores altos de CE, C/N y K. Tiene un muy alto contenido en lignina pero un bajo contenido en Carbono hidrosoluble así como muy bajos contenidos en metales pesados. Sus densidades, tanto real como aparente, le sitúan en una posición aceptable para ser potencialmente utilizado como substrato agrícola aunque su C.R.A. (capacidad de retención de agua) sería baja para ese uso⁵.

En éste y posteriores estudios⁶ se ha cuestionado la validez de su aplicación directa debido a que los alperujos mantienen la carga potencialmente contaminante de acuíferos similar a los alpechines. La forma en que varían los valores de N, P, K en el suelo tras la aplicación de alperujo es lógicamente muy diversa y esta condicionada por diversos factores y el tipo de suelo⁷. Su elevado contenido en K puede movilizar los cationes de cambio, aunque para el caso de Ca y Mg⁸ no conlleve resultados indeseables. La aplicación de alperujo modifica las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo. Un aporte de alperujo fresco incrementa el contenido de Potasio, Carbono orgánico, Fósforo asimilable, Nitrógeno orgánico, CE y pH del suelo⁹. El efecto sobre el Nitrógeno del suelo, puede considerarse, en cierta medida, negativo,

¹ Martínez et al., 2001.

² Ordóñez et al., 1998; Romero et al., 1998; Barreto et al., 2000; González et al., 2003.

³ Pastor et al., 1999.

⁴ Ver bibliografía, especialmente:

Cabrera, et al., 2002.; Tomati, et al., 1998.

⁵ Cabrera et al., 2002.

⁶ Álvarez et al., 2002.

⁷ Barreto et al., 2000.

ya que produce una reducción de formas nítricas¹⁰ y por su alta C/N, si se aplican los alperujos directamente al terreno, dependiendo de la época del año en que se efectúe, pueden provocar una reacción de demanda de Nitrógeno al cultivo al que supuestamente va a fertilizar generando un escenario bioquímico que es conocido como de “hambre de Nitrógeno”.

Asimismo por los niveles altos de fenoles que los alperujos sin compostar tienen, pueden originar síntomas de fitotoxicidad en los cultivos si se aplican sin una descomposición preeliminar¹¹. Sin embargo se ha demostrado que con tratamiento de *Fusarium lateritum*, se reduce en gran medida ese efecto fitotóxico¹² permitiendo su aplicación inmediata. También se ha comprobado que el uso de alperujo produce una bio-adsorción de metales pesados que puedan existir en el suelo¹³.

Por otra parte, la distribución de alperujo fresco en el suelo es difícil por la elevada humedad que tiene por lo que requiere de maquinaria específica, no siempre disponible, que evite los escapes o fugas de este material de los remolques o camiones. Se ha verificado a este efecto la idoneidad de las cubas de purines para su aplicación directa al suelo en pequeñas explotaciones.



La distribución de alperujo fresco en el suelo es difícil por la elevada humedad

⁷ González et al., 2003

⁸ Ordóñez et al., 1998, 1999; Romero et al., 1998; Benítez et al., 2000; Barreto et al., 2000; González et al., 2003

⁹ Romero et al., 1998

¹⁰ Aranda et al., 2002 y González et al., 2003

¹¹ Aranda et al 2002

¹² Martínez et al., 2001

Aplicación directa de alperujo fresco en el suelo mediante cuba de purines



Existe una experiencia de aplicación directa que se ha repetido durante 4 años en Pegalajar (Jaén), distribuyendo en los suelos del olivar de la finca que abastece a una almazara ecológica familiar, la totalidad del alperujo producido que oscila entre 100-150 t/año.

Se utiliza para ello una cuba de purines (ver foto) para su esparcido entrecalles del olivar con un ancho que oscila de 1,5 a 2 mts. Inicialmente se usaba un remolque basculante pero finalmente se abandonó ese apero por los potenciales problemas de estabilidad que presentaba. El propietario es funcionario del Departamento de Industrias de la Delegación de la Consejería de Agricultura y Pesca de Jaén. Se encuentra a su cargo precisamente el control de expedientes de efluentes de las almazaras de la provincia. No ha detectado carencia de Nitrógeno en sus olivos tras la aplicación del alperujo y lo explica por el hecho de que esta se realiza en invierno, dando tiempo a que se descomponga en suelo antes que el olivo comience a nutrirse del mismo. Para verificar sus apreciaciones, tiene interés en dar seguimiento al conjunto de su olivar-suelo en base a esta experiencia y quisiera involucrar para ello a algún grupo de investigación. Asimismo se riega en esa finca las reposiciones existentes de jóvenes plantones de olivo con el conjunto de efluentes que produce, tras ser diluidas en agua en una proporción 9:1 en volumen. Para el riego se utiliza una barra de 80 cm que inyecta desde la cuba en el suelo unos 20 litros por árbol. Se realiza este riego puntual 4 o 5 veces por campaña en los olivos más jóvenes. Esta aplicación ha aumentado el vigor de las plantas y parece que ha eliminado los síntomas anteriormente existentes de clorosis férrica en las mismas.

Salvo esta experiencia de campo para una pequeña almazara familiar y las experimentales del grupo de investigación de la Universidad de Córdoba¹⁴, en general, el sector parece considerar que resulta más interesante, aunque quedan todavía ciertas cuestiones por resolver, el uso de alperujos tras ser compostados.

¹⁴ García et al.1995
Ordóñez et al. 1998
Ordóñez et al. 1999

Para lograrlo se aportan en la mezcla inicial al menos dos elementos que mejoran su características. Por una parte un material estructurante que optimice la manejabilidad del alperujo y le proporcione una textura mas favorable para su manipulación, favoreciendo a su vez el secado y aireación del producto. Con este fin, es habitual su mezcla con la hoja de limpia¹⁵ que se recoge en la almazara o/y su mezcla con restos triturados de la poda del olivar. En alguna ocasión aislada y sin gran repercusión posterior, se ha utilizado también paja y serrín¹⁶.

Además y por su alta relación C/N se esta añadiendo a la mezcla inicial materiales que supongan una fuente de Nitrógeno. Habitualmente y en las primeras campañas de producción de compost, se usa para ello, el tipo de estiércol que sea mas asequible en las proximidades de la almazara.

En las plantas ya en funcionamiento, durante las campañas sucesivas, se ha verificado que se comienza a añadir con buenos resultados, solo o combinado con estiércol, el propio compost producido anteriormente que ya tiene un componente de Nitrógeno importante así como también la población microbiana necesaria para dinamizar el proceso de descomposición que durante el compostaje se produce. Asimismo se están usando los efluentes de la almazara junto con los lixiviados producidos para regar las pilas de compost en la temporada más seca.

Hay disponibilidad de sencillos programas informáticos que permiten la resolución de los porcentajes óptimos de estas mezclas de forma a obtener un compost final¹⁷ de características adecuadas y en un epígrafe posterior se tratará en detalle el marco de su utilización.

¹⁵ Sanchez A. 2000.

¹⁶ Amirante R. Et al Tm 1997

¹⁷ Richard, TM,L.; Trautmann, N.M. 1996. Getting the right mix. Calculations for thermophilic composting. <http://compostcss.cornell.edu/calc/rightmix.html>

El compostaje de alperujo

El compostaje

Se trata a continuación de forma sucinta el compostaje en general como introducción al de alperujos en que se basa este estudio.

La materia orgánica fresca presenta varios tipos de toxicidad

- a) Debido a los compuestos tóxicos ya existentes, que pueda traer la propia materia orgánica, o de neoformación, generados a lo largo de las primeras etapas de la degradación de esta materia orgánica.
- b) Debido a la inmovilización de Nitrógeno propio y del suelo por el desarrollo de la microbiota compostadora que establece una competencia por el consumo de los nutrientes en general frente a las plantas y los otros microorganismos propios del suelo.
- c) Existe una tercera causa de toxicidad y es cuando la materia sufre largos períodos de anaerobiosis. La oxidación incompleta de la materia orgánica produce moléculas inestables muy reactivas que deben oxidarse posteriormente requiriendo a veces, largos períodos de estabilización.

El compostaje es un proceso a través del cual los residuos de diversos orígenes, con un elevado contenido en materia orgánica se transforman en otro producto que puede adicionarse al suelo como sustancia orgánica útil, rica en “humus” y de características “estables”. Se obtiene por degradación biológica, en condiciones aerobias y con la microbiota endógena compuesta principalmente por bacterias y hongos, dando como subproductos CO₂, vapor de agua y calor.

Esquemáticamente podemos presentarlo como:



En realidad se producen dos procesos paralelos, uno de mineralización, donde los materiales son metabolizadas hasta dar CO₂ y H₂O y otro de humificación, donde se producen moléculas estables frente a ulteriores ataques microbianos.

Los compuestos carbonados simples son utilizados por los microorganismos en la síntesis de sustancias celulares y otros productos metabólicos que son degradados posteriormente a CO₂ y H₂O, estos procesos son exotérmicos y producen un aumento en la temperatura de la masa

del compost favoreciendo el desarrollo de microorganismos termófilos y mesófilos correspondientes.

Fases o etapas

Las fases o etapas en un proceso de compostaje son las siguientes:

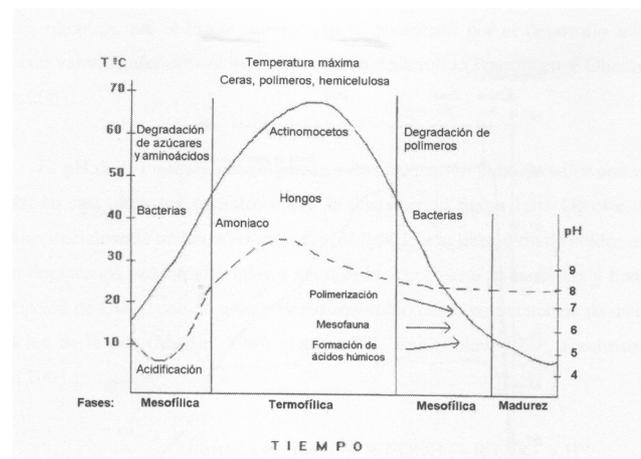
Etapas de preparación: en esta etapa el material se acondiciona física, química y a veces biológicamente para optimizar el proceso de transformación.

Principalmente se regula :

- El contenido de agua.
- El tamaño de partícula.
- La relación C/N:

Etapas termófila o termofílica: Es la más característica de los procesos de compostaje y se desarrolla a elevada temperatura, superior a 40°C y normalmente inferior a los 65-70 °C. Antes y después de ella hay dos subetapas denominadas mesofílicas o mesófilas donde la temperatura es menor a esos 40 °C. En la gráfica se puede ver el detalle de la evolución de las temperaturas en el tiempo.

Etapas de maduración. Se desarrolla a temperatura ambiente y es de más larga duración. 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.



Etapas de acabado: En esta fase el material se acondiciona según el uso a que vaya destinado, y en general se le suele someter a:

- Eliminación de lo no compostado.
- Cribado o/y molido (para ajustar el tamaño de partícula).
- Regulación de humedad.
- Corrección de las propiedades químicas.

Métodos de compostaje

Existen numerosos métodos para transformar el alperujo y otros materiales orgánicos similares, casi todos ellos se basan en el control de la aireación ya que un mayor control acelera el proceso.

En pilas o montones dinámicos (windrow)



El material se dispone en largas pilas de 2 a 4 metros de altura, que pueden estar cubiertas o no, la aireación se lleva a cabo por convección natural ayudada por volteos periódicos. La frecuencia de los volteos depende de: la humedad, textura y estabilidad y se realiza para controlar la aireación.

Estos volteos se pueden realizar y de hecho se realizan con varios fines: control del olor, mayor velocidad de transformación y control de insectos. Es el método mas económico en cuanto a consumo de energía.

En pilas estáticas aireadas por insuflación (static pile system)



Es un sistema donde la pila de compost permanece estática a lo largo del proceso de compostaje. El aire se introduce a través de un sistema situado en el suelo bajo la pila. Con este sistema se eliminan las condiciones anaerobias ya que está asegurado un volumen constante de aire que además puede regularse a través de controladores según las necesidades de la masa.

La corriente de aire puede ser positiva o negativa, esta última se suele utilizar en situaciones en las que es necesario controlar el olor del compost. En otras ocasiones la aireación solo se realiza durante la etapa termófila mientras que durante la maduración no se aplica. Las combinaciones que se pueden hacer dependen del tipo de material, de las condiciones de partida, de los plazos para la finalización del proceso, etc.

El proceso requiere una inversión y mantenimiento mayores que el anterior pero el coste de mano de obra es mas bajo.

En reactores o contenedores (in-vessel system)

Este sistema se aplica cuando se requieren tasas elevadas de transformación y condiciones muy controladas. El compost se hace “rápidamente”. Son sistemas mas complejos y son mas costosas de construir, operar y mantener.

Este sistema permite una amplia gama de diseños ya sean horizontales como verticales, normalmente están provistos de un sistema de agitación que permita una aireación y homogeneización de la masa, funcionan tipo reactor, frecuentemente, el producto fresco entra por un lado y sale procesado por el otro.

Su utilización está indicada en al caso de mezclas complejas con algún tipo de dificultad como es el caso de la transformación de lodos, aguas residuales o biocompost.

Ejemplo de algunos tipos ya desarrollados son:



*Reactor horizontal rotativo, con aireación en contracorriente e inclinación.

*Reactor vertical con platos (el producto entra por arriba y va pasando a diferentes estratos).

*Reactor vertical estático (el producto se coloca en lechos y se pasa aire a su través).

*Reactor rectangular horizontal con volteadores (el producto viene volteado y va avanzando lentamente, puede ser también inclinado).



Una variante de este es cilíndrica, el material es transportado poco a poco y con aireación forzada hacia el centro del cilindro por donde sale ya el compost.

La finalidad de estas metodologías es acelerar el proceso de transformación, se consiguen tasas de transformación de hasta una semana frente a los procesos tradicionales que duran entre uno y tres meses. En casi todos los casos la fase de maduración o estabilización del producto se lleva a cabo fuera del reactor en el exterior y frecuentemente con el sistema de pilas o montones al que se realiza algún volteo de homogeneización final.

Control de un proceso de compostaje

Independientemente del tipo de procedimiento elegido, es necesario realizar una serie de medidas para controlar la correcta andadura del proceso y si fuese necesario actuar sobre alguno de ellos.

Relación C/N

Se fija al inicio del proceso. Fijar una razón C/N idónea es uno de los factores determinantes de la duración del mismo. Cuando es muy baja, la temperatura asciende rápidamente y se producen pérdidas de N (amoniaco) por desnaturalización de la materia orgánica.

Si la C/N es muy alta, el compost evoluciona muy lentamente.

Humedad

El contenido en humedad de la masa a transformar determina el tipo, cantidad y eficacia de microorganismos. La humedad en el compost se suele mantener entre 50 % - 70 %. Por debajo del 30% la actividad biológica disminuye apreciablemente y cesa con contenidos de agua cercanos al 5%. Un exceso de agua (por encima del 70 %) puede dar lugar a procesos de anaerobiosis locales lo que conlleva otras vías de degradación.

Temperatura - Aireación

Hemos dicho que los procesos de compostaje son aerobios. Durante las primeras fases de transformación, se desarrolla una fuerte actividad biológica y química con una fuerte producción de calor: reacciones exotérmicas, por esto se llama fase termófila al ser el periodo de máxima actividad, es el de máximo consumo de oxígeno y por tanto hay una alta respuesta térmica a la aireación.

Los productos mayoritarios en un proceso de compostaje son:

$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Calor}$

Podemos establecer una relación entre la actividad biológica y el calor desprendido por el proceso, que estará regulada por muchos factores pero de forma directa por el consumo de oxígeno y por la temperatura alcanzada en la masa.

Desde este punto de vista existen dos tipos de procesos:

- Autocontrol
- Control externo: aireación

En el sistema auto controlado la exotermicidad de las reacciones eleva tanto la temperatura que llega a inhibir la actividad e incluso la propia microbiota productora. El sistema auto limita el desarrollo y la actividad de los microorganismos favoreciendo la difusión natural de oxígeno que junto con la bajada de temperatura vuelve a reactivar la biomasa.

Los sistemas con control externo tienen una comunidad biológica más estable, requieren una demanda de oxígeno mayor y por tanto son más eficaces. La temperatura límite para la actuación biológica se establece en 70 °C aunque la máxima actividad se desarrolla entre 50 y 60 °C. Durante la etapa termófila, se necesita 9 veces más aire para eliminar el calor que para mantener el nivel de oxígeno adecuado. Este nivel es muy variable, no debe descender por debajo de 5% y el margen aconsejado es 5 - 15 %. Una aireación excesiva seca la masa, retrasa el desarrollo de hongos, favorece la mineralización.

La temperatura máxima se suele alcanzar entre los 10 y los 25 cm. de profundidad aunque esto varía en función del tipo de material, del tamaño de partícula, de la humedad; a veces es necesario aligerar la masa adicionándole otros residuos desapelmazantes también llamados estructurantes (bulking agent). Es importante conocer que el consumo de oxígeno entre 20 y 70 °C sigue una curva exponencial positiva mientras que los procesos de difusión natural hacia el interior de la masa de compost varían linealmente con la profundidad siendo frecuente encontrar concentraciones de oxígeno inferiores al 2% a profundidades superiores a 60 cm en sistemas estáticos.

En la bibliografía existente, las características y composición de los compost de alperujo realizados en los diversos trabajos ha sido diversa y depende tanto del origen de los elementos a partir de los cuales se ha producido como del proceso que haya seguido durante su maduración.

De modo ilustrativo puede compararse en la tabla¹⁸ adjunta las características de tres tipos de compost obtenidos de materiales tan diferentes como alperujo, lodos de depuradora de aguas

¹⁸ Martínez et al., 2004

residuales urbanas y RSU que son los más frecuentes de encontrar actualmente en las zonas olivareras de la Comunidad Autónoma.

Se puede deducir de la misma, que las características de los compost procedentes de alperujo, en general son de mejor calidad que los otros dos tipos de compost.

	Alperujo	Lodos de depuradora	RSU
Materia orgánica total (%)	84,4	35,35	57
pH	7.7	7.64	7.5
CE (dS/m)	3,75	5,73	9,6
N kjeldahl (%)	1,4	2,18	1,8
P (P2O5) (%)	0,75	2,66	0,46
K (K2O) (%)	2,63	0,5	0,61
Ca (CaO) (%)	0,36	6	5,92
Mg (%)	0,07	1,2	0,61
Na (%)	0,04	0,2	0,64
Fe (%)	4,68	1,45	0,3
Cd (mg kg ⁻¹)	0,000	3,850	0,002
Cu (mg kg⁻¹)	33,9	400,0	188,0
Ni (mg kg⁻¹)	0,0	67,6	28,0
Pb (mg kg⁻¹)	0,0	315,0	0,0
Zn (mg kg⁻¹)	34,9	1428,0	385,0
Hg (mg kg⁻¹)	0,000	3,780	0,001
Cr (mg kg⁻¹)	0,0	446,0	19,0

Tabla comparativa de características de compost de alperujo, lodos de depuradora y RSU¹⁹

Esta mejor calidad del compost de alperujo se debe a un contenido en N y P aceptable, aunque inferior al compost de lodos de depuradora. Esto permite usarlo como enmienda sin restricciones, mientras no se excedan los límites de fertilización nitrogenada y fosforada. No presenta prácticamente metales pesados, por lo que se encuentra en una situación privilegiada frente a los otros dos. Asimismo muestra un alto contenido en materia orgánica y unos niveles interesantes de hierro que puede ser asimilado por la planta.

¹⁹ Martínez et al., 2004; Aguilar, 2003; Aguilar, 1998, Madejón, 1998ab

Experiencias en marcha de compostaje de alperujos

Desde hace años, se vienen realizando en el ámbito experimental y escala real, experiencias innovadoras de compostaje de estos subproductos de la industria de extracción del aceite de oliva. El sector de Olivicultura Ecológica, por propia iniciativa desde hace años y cada vez más está realizando estudios de viabilidad para el diseño y construcción de plantas de compostaje en los alrededores de estas almazaras. El uso del producto obtenido es su aplicación en los olivares asociados a esas almazaras. No obstante, otros cultivos cercanos de producción ecológica con necesidad de realizar en sus suelos enmiendas orgánicas, pueden ser sujeto de usar estos compost al existir una limitada oferta de productos que puedan enmarcarse en los admitidos por el actual Reglamento de producción ecológica.

Sierra de Génave S.C.A.

En la Cooperativa de Sierra Génave en Jaén se hizo una experiencia inicial de compostaje a escala real que obtuvo el premio Núñez de Prado a la Investigación en Agricultura ecológica del año 1999. Un resumen de este trabajo ha sido publicado como boletín de divulgación por



ACAAE (Asociación Comité Andaluz de Agricultura Ecológica) ²⁰.

El proyecto premiado contempló el compostaje de la mezcla de 600 Tm de alperujo y 25 Tm de hojín de olivo, ambos subproductos de esa almazara que anualmente genera 675 Tm del primero y 45 Tm del segundo.

Durante 8 meses se compostaron varios montones con mezclas de alperujo, hojín y estiércol mediante el método “windrow” de pilas volteadas al aire libre con un total de 4 volteos y tres riegos. Se realizó una maduración de otros 8 meses.

La proporción 14/8/2 en volúmenes de mezcla inicial de alperujo – hojín - estiércol fue la dio mejores resultados. El compost obtenido, aunque su contenido en N y P fuese mejorable, obtuvo resultados interesantes analíticos para su uso como abono orgánico entre las que cabe mencionar:

34 % de humedad, C/N=15, NPK=1,6-0,5-2,9, Ph=9,1, CE=3,4 dS/m.

²⁰ Sanchez, 2000.

La Cooperativa Olivarera los Pedroches (OLIPE) desarrolló inicialmente diversos ensayos de mezclas con el Departamento de Agronomía de la Universidad de Córdoba para posteriormente perfilarlos con el C.I.F.A. de Alameda del Obispo y el Instituto de Agricultura sostenible del CSIC en Córdoba.

Se realizaron cuatro montones con la materias primas que se reflejan en el cuadro adjunto. Para su ajuste inicial se utilizó el modelo de la Universidad de Cornell²², buscando como objetivo principal la consecución de una relación C/N cercana a 30 y una humedad no superior al 60%. Para la realización de las mezclas con alperujo a escala piloto y que estas pudieran tener una adecuada aireación de la masa así como un nivel aceptable de Nitrógeno, se emplearon los siguientes materiales:

A.- Alperujo procedente de OLIPE.

H.- Hojín procedente de la limpia de aceituna, suministrado por Finca La Reina.

E.- Estiércol vacuno procedente de una granja anexa al CIFA-Alameda del Obispo de Córdoba.

C.- Compost procedente de la maduración de alperujo y estiércol procedente de OLIPE.

Hn.- Harina de plumas y sangre FEMAT super E procedente de ADOVIL II, S.L. (Balaguer, Lleida)²³.

Tabla mezclas materias primas iniciales

Montón	Alperujo (Kg)	Hojín (Kg)	Estiércol(Kg)	Compost (Kg)	Harina (Kg)
AL, E,H, 8:2:1	80	10	20		
AL, C , H, 4,7:2:1	70	10		30	
AL, H, E, C, 4:1,3:1;1	60	20	15	15	
AL, H, Hn, 26,7: 5,7: 1	80	17			3

	AL, E,H,	AL, C , H,	AL, H, E, C,	AL, H, Hn,
Humedad %	25,20	27,60	24,80	26,20
pH	8,41	8,24	8,31	7,85
CE (dS/m)	5,32	3,72	4,33	4,70
Materia orgánica total (%)	48,70	45,30	47,70	64,30
Nitrogeno k (%)	1,89	1,86	2,12	2,89
C/N	15,17	14,34	13,25	13,09
P2O5 (%)	0,40	0,24	0,33	0,32
K (K2O) (%)	2,46	1,83	1,86	2,20
Ca (CaO) (%)	3,41	2,72	3,25	1,94
Mg (%)	0,40	0,17	0,32	0,16
Na (%)	4,88	1,69	4,64	2,63
Fe (mg kg ⁻¹)	1.519	1.960	1.363	991
Cu (mg kg ⁻¹)	36,30	31,90	32,20	126,60
Mn (mg kg ⁻¹)	82,00	71,80	82,70	56,20
Zn (mg kg ⁻¹)	300,00	321,00	242,00	141,00

*Tabla
resumen de
resultados
analíticos*

²¹ Martínez et al., 2004 y Martínez et al., 2005

²² http://compostcss.cornell.edu/Composting_Homepage.html

²³ La proporción en peso se ha indicado de forma abreviadacomó 8 : 2 : 1 que indica que para un peso del último ingrediente se mezclaron 2 veces ese peso del segundo y 8 del primero.

Los compost maduros mostraron valores de pH cercanos a 8. La salinidad fue media. El contenido en materia orgánica fue alto destacando el producido con la harina cárnica. El contenido en Nitrógeno fue medio, aunque algo superior en los montones 3 y 4 (con compost de la campaña anterior más estiércol en el 3 y harina cárnica en el 4). Fueron los valores bajos en Fósforo y altos en Potasio. En definitiva se verificó para el caso de esta almazara la idoneidad de la mezcla 4 con la harina cárnica debido a la mejor calidad del producto final. Solamente apuntar la necesidad de controlar los niveles de Cu que en este caso fueron más elevados de lo deseado.

C.A.P.-FAECA²⁴

En un proyecto de investigación de FAECA con la Consejería de Agricultura y Pesca, se ensayaron dos mezclas diferentes de materias primas para el compostaje de alperujo. Alperujo solo y alperujo mezclado con hojas de limpia de la propia almazara. Las mezclas se efectuaron hasta conseguir un 50% (v/v) de cada componente. Durante el proceso de compostaje, que se alargó 60 días, se efectuaron volteos periódicos y humectaciones cada 8 - 9 días. Se logró el mejor resultado con el alperujo mezclado con hojas, tanto por su mayor contenido en materia orgánica, como por su menor C/N. La etapa fermentativa del alperujo solo, fue más larga que la de la mezcla con hoja, pero este hecho no ejerció una notable influencia en la evolución en su totalidad del proceso de compostaje. Su aplicación a la capa arable del suelo, a 40 t /ha, supuso una subida del pH, un oscurecimiento del suelo, un aumento de la estabilidad estructural y una mejora en la fertilidad química con aumento de Carbono, Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

SCA La Dehesa Los Corrales-COAG Sevilla

COAG-Sevilla realizó una experiencia en un proyecto de compostaje con la SCA La Dehesa (Los Corrales, Sevilla) en la que se probaron varias mezclas con las características que se detallan en la tabla.

El proceso se llevó a efecto en una zona de entre 500-1000 m² cercana a la almazara. Se hicieron seis montones independientes que se regaron y voltearon cada 15-30 días considerando la medición periódica de las temperaturas. El proceso se alargó 7-8 meses y el producto final se utilizó para autoconsumo.

²⁴ López A. et al., 2002.

Montón	Alperujo (Kg)	Hojín (kg)	Estiércol(Kg)	Astillas (kg)
AL, H, 7:1	14000	2000	-	-
AL, H, E, 12,2:2,2:1	11000	2000	900	-
AL, H, 10:1	14000	1400	-	-
AL, A, 5,6 : 1	14000	-	-	2500
AL, A, 7,6: 1	14000	-	-	1750
AL, H, E, A, 12: 1,6: 2: 1	6000	800	1000	500

Tabla de mezclas iniciales SCA La Dehesa Los Corrales-COAG Sevilla: AL (alperujo), H (hoja), E (estiércol)



Cooperativa Guadalentín-CEBAS-CSIC- Murcia

Durante la campaña 03-04 la almazara Aceites Guadalentín de Pozo Alcón (Jaén) firmó un convenio con el Centro de Edafología (CEBAS-CSIC) de Murcia para realizar ensayos durante un año. Se hicieron mezclas de alperujo (75% peso) con estiércol (25% peso). Este último con dos variantes una en forma de gallinaza y la otra con sirle de oveja. A su vez se usaron dos aditivos en pequeña cantidad de naturaleza mineral, uno rico en hierro y otro en Fósforo para corregir las deficiencias anteriormente detectadas en otras experiencias. Tras un periodo de 7-9 meses (sirle de oveja,-gallinaza respectivamente) de proceso de compostaje se analizaron los productos resultantes.

Los compost maduros mostraron valores de pH de 8 o algo mayores. La salinidad fue muy baja. El contenido en materia orgánica fue superior en los que se produjeron con gallinaza frente a los producidos con sirle. El contenido en Nitrógeno de los compost con gallinaza fue ligeramente superior a 2% siendo algo menor en los de sirle. El contenido en calcio tuvo un valor sobre el 2,5 % para los compost con gallinaza y de 7 % para los de sirle. El enriquecimiento en hierro con el aditivo correspondiente se tradujo en un aumento de aproximadamente 0,5 g/Kg. El enriquecimiento en Fósforo fue menos apreciable que en el caso del hierro traduciéndose en valores finales del orden del 0,2 %. En definitiva se verificó para el caso de esta almazara la idoneidad de la mezcla con gallinaza debido a la mejor relación calidad del producto final/precio de materia prima inicial.

Montón	Alperujo (Kg)	Gallinaza (kg)	Estiércol oveja (Kg)	Fe (kg)	P (kg)
AL,G 3:1	15000	5000			
AL,G,F 60:20:1	15000	5000		250	
AL,G P 60:20:1	15000	5000			250
AL,S 3:1	15000		5000		
AL,S,F 60:20:1	15000		5000	250	
AL,S P 60:20:1	15000		5000		250

Tabla mezclas materias primas iniciales. AL (alperujo), G (gallinaza), S (sirle de oveja), Fe (sulfato de hierro)

	AL,G	AL,G,F	AL,G P	AL,S	AL,S,F	AL,S P
Humedad %	32,40	27,80	28,50	48,80	45,30	45,30
pH	8,30	8,00	8,00	8,80	8,50	8,30
CE (dS/m)	1,70	1,80	2,40	1,70	1,70	2,00
Materia orgánica total (%)	15,60	14,80	16,40	54,80	52,60	57,80
N total (%)	2,02	2,06	2,10	1,86	1,92	1,91
C/N	19,55	19,53	18,71	13,54	14,20	15,04
Fosforo (%)	0,20	0,19	0,22	0,18	0,18	0,20
K (K ₂ O) (%)	1,32	0,95	0,78	1,54	1,53	1,23
Ca (CaO) (%)	2,94	2,01	1,87	6,50	7,24	6,52
Mg (%)	0,57	0,49	0,49	1,27	1,06	1,03
Na (%)	0,83	0,60	0,82	0,76	0,62	0,62
Fe (mg kg ⁻¹)	3.939	9.038	4.827	6.520	11.188	6.031
Cu (mg kg ⁻¹)	32	22	27	16	14	19
Mn (mg kg ⁻¹)	183	193	145	167	199	131
Zn (mg kg ⁻¹)	92	54	39	41	55	49

Tabla resumen de resultados analíticos

La experiencia del resto de almazaras

Se resume en la tabla adjunta las mezclas que el resto de las almazaras ha ido realizando para ajustar la mezcla inicial a sus requerimientos específicos.

PROMOTOR	CÓDIGO	MEZCLA p/p						MEZCLA v/v					
		al	hoj	est	cp	po	pa	al	hoj	est	cp	po	pa
N.S LOS REMEDIOS	02-03	10,0	2,0	1,0				7,9	4,7	1,0			
	04-06 8 EC1	5,4	1,0	1,2				3,7	2,0	1,0			
SIERRA DE GÉNAVE	02	8,9	1,7	1,0				7,0	4,0	1,0			
SAN ISIDRO	0203	22,2	1,7	1,0				17,5	3,9	1,0			
	0304	8,6	1,0					2,9	1,0				
	041	13,1	1,6	1,0				4,0	2,0	1,0			
	04M2	8,0	1,0					2,0	1,0				
O. LOS PEDROCHES	03 LEA Nº 2	4,0			1,0			2,2			1,0		
	03 LEA Nº 9	8,0	1,0	1,0				6,3	2,3	1,0			
LAS VALDESAS	02-05	10,0	1,0					2,5	1,0				
CEDER RONDA	02 LEA	8,9	1,0	2,7				3,0	1,0	1,1			
ARBEQUISUR SCA	03LEA A	4,1	1,0					1,6	1,0				
ALCANOVA S.L.	03 LEA	90,0	1,0	1,2	7,0	2,0		59,0	1,9	1,0	8,2	2,3	
OROAENA	05 9561	35,8	2,2	1,0				28,2	5,2	1,0			
SANTA CASILDA		19,3	1,0	5,8				6,5	1,0	2,5			
GARCIA MORON		2,5	1,0	1,0				2,0	2,3	1,0			
REPLA		3,0	1,0	6,0				1,0	1,0	2,6			
SILES		5,0	1,0	12,0				1,7	1,0	5,1			
MODELO1		4,1	1,0	1,4				2,3	1,7	1,0			
MODELO2		16,0	1,0	4,8				5,4	1,0	2,0			
MODELO2ov		16,0	1,0	6,1				5,4	1,0	4,6			
MODELO2ga		16,0	1,0	2,4				5,4	1,0	1,4			
MODELO3		16,0	1,0	2,8	4,9			5,4	1,0	1,2	2,9		
VALOR MEDIO		15,5	1,3	2,76	4	2		8,83	2,14	1,6	4,58	2,33	
DESVIACION TIPICA		20,9	0,4	3,32	4,24			14,2	1,44	1,2	5,07		

Se han incluido también al final los datos correspondientes a los datos de los modelos se desarrollarán en el epígrafe nº4 (verde) y los valores medios y desviación típica de las proporciones de mezcla de las experiencias en las diversas almazaras (azul).

En principio hay una tendencia, según se deriva de ese valor medio resultante, a realizar mezclas con una proporción inferior a la recomendada de estiércol.

3. Definición de otras materias primas complementarias y su composición

Hay almazaras que tienen o pueden tener además de la hoja de limpia como elemento estructurante, y los diversos tipos de estiércoles como materiales que sean una fuente de Nitrógeno, fácil disponibilidad de otras materias primas a ser compostadas.

En este apartado se va a hacer una breve referencia a las mismas. El beneficio de optar por integrar estos nuevos componentes, se deriva del hecho cierto de por una parte encontrarse en ciertos casos disponibles en volúmenes elevados y a un coste de transporte a la planta razonable y por otro lado no tener aún claramente definido su destino de valorización.

Materia prima	H	M.O.	C	N	C/N	DA
Alperujo ^a	65,0		57,2	1,3	44,0	0,89
Hojin ^a	40,0		50,5	1,4	36,1	0,3
Estiercol vacuno ^a	45,0		28,1	2,3	12,2	0,7
Estiercol ovino ^b	38,5		22,6	1,7	13,3	0,4
Lisier porcino ^c	75,0	56,5	28,2	4,6	6,2	
Gallinaza ^b	20,1	79,9	40,0	3,2	12,4	0,4
Poda de olivar triturada ^d	54,3	92,0	46,0	1,2	36,9	0,5
Restos de hortícolas ^g	87,0		51,3	2,7	19,0	0,9
Vinaza ^e	85,0	6,0		0,5	12,0	
Orujo de uva ^e	31,0	72,0	42,6	1,4	30,0	0,5
Serrin ^c	39,0		106,1	0,2	442,0	0,2
Paja ^c	12,0	112,0	56,0	0,7	80,0	0,1
Desmotado de algodón ^e	35,0	68,0	39,5	1,5	26,0	0,2
Cascara de arroz ^c	14,0			0,3	121,0	0,1
Polvo de corcho ^f	6,3	69,1	34,6	0,6	59,6	0,3

Los datos del listado deben considerarse orientativos

^a Martínez et al. 2004

^b Cegarra, 2005

^c Navarro, 1995

^d Molina, 1996

^e Díaz, 1998

^f López, R., IRNAS análisis laboratorio

^g On-Farm Composting Handbook (NRAES-54). ©1992 by NRAES (Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service).

En cualquier caso los datos son solo orientativos. Si se quiere realizar con cierto rigor un cálculo de mezclas con alguno de estos elementos, es preferible muestrear la materia prima a ser incorporada y analizarla en al menos los parámetros definidos en la tabla anterior:

H-Humedad (%), M.O. materia orgánica (%), C.- Carbono (%), N.- Nitrógeno (%), C/N.- relación Carbono Nitrógeno (sin unidades), DA.- Densidad aparente (Kg./l.).

Hojín/hoja de limpia de almazara.- Hojas y ramillos que acompañan a la aceituna y son separados de la misma por la almazara previamente a su molturación.

Estiércoles: Residuos de carácter sólido, normalmente mezclados con la cama del ganado. Pueden ser de ovino, bovino o vacuno y equino.

Purines y lisieres.- Los purines son los orines de los animales y los lisieres están formados por la unión de los excrementos sólidos y líquidos diluidos en las aguas de lavado de los establos. Los mas frecuentes son los de porcino.

Gallinaza.- Deyecciones de aves de corral junto con el material usado como camas (en algunos casos puede que se hayan incorporado pequeñas cantidades de cal para mantenimiento de las condiciones sanitarias permisibles en corrales).

Vinaza.de remolacha- En la industria azucarera se producen dos residuos, la pulpa y la melaza. Se denomina vinaza al subproducto resultante del proceso de fermentación y posterior extracción el alcohol por destilación.

Orojo de uva.- Es un subproducto procedente del prensado de la uva para la obtención del mosto de vinificación . Está formado por pulpa, hollejo, semillas y raspajo²⁵.

Poda de viñedo triturada.- El astillado de los restos de poda de la vid genera este subproducto de la viticultura.

Serrín.-Su origen son los aserraderos de madera y carpinterías.

Paja.- Subproducto que se deriva de la cosecha de cereales tras su separación de la espiga.

Desmotado de algodón.- procede de la industria algodonera. El algodón llega a la desmotadora con cierta proporción de semillas, hojas y ramas. Durante el proceso de desmotado se produce una separación de estas impurezas junto con una cierta cantidad de algodón adherido.

Cáscara de arroz.- Es la cascarilla que recubre el grano de arroz, compuesta fundamentalmente por fibras, celulosa, y minerales.

Polvo de corcho.- Subproducto resultante de los procesos de la industria taponera y de trituración del corcho.

²⁵ Rafols, 1993.

En determinados trabajos experimentales se han usado también elementos complementarios ricos en ciertos macro nutrientes o micro elementos de los que pueda adolecer los componentes iniciales de la mezcla y como resultado de dichos trabajos experimentales se concluye con su recomendación para ese compost específico.

Así se ha incluido en algún caso leonardita por su elevado contenido en ácidos húmicos, roca fosfórica y superfosfato de cal por el mismo motivo en Fósforo y sulfato de hierro por el este último elemento.

4. Estudio de varios modelos teóricos de mezcla para obtener productos de calidad

Una de las primeras tareas para desarrollar con éxito una actividad de compostaje es lograr la correcta combinación de los ingredientes iniciales. Dos parámetros son particularmente importantes en este aspecto: el contenido de humedad (H) y la relación Carbono Nitrógeno (C/N).

Como ya se hizo mención con anterioridad, la humedad ha sido definida como un criterio básico de optimización del compostaje²⁶. Siendo el compostaje un proceso biológico de descomposición de la materia orgánica, la presencia de agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos que intervienen en este proceso. Esto es debido a que es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento a las células y así como de los productos de desecho de esa reacción²⁷. La humedad óptima para el crecimiento microbiano se encuentra entre el 50-70 %. La actividad biológica decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30 %²⁸. Por encima el 70 % el agua desplaza al aire en los espacios libres existentes entre las partículas, se reduce por tanto la transferencia de oxígeno produciéndose la anaerobiosis. Cuando se entra en condiciones anaerobias, se originan malos olores y disminuye la velocidad del proceso²⁹. El exceso de humedad se corrige con el incremento de la aireación y el defecto mediante el riego o incorporación de agua.

La relación C/N es el parámetro probablemente más utilizado para el estudio de la evolución del proceso de compostaje³⁰. Asimismo es usado como un instrumento para calificar la madurez del compost. De los muchos elementos requeridos para la descomposición a través de microorganismos, el Carbono y el Nitrógeno son los dos más importantes y los que más frecuentemente resultan tener el carácter de ser un factor limitante (ocasionalmente el Fósforo también puede ser limitante).

El Carbono tiene dos funciones. Por una parte es una fuente de energía y por otra conforma sobre el 50% de la masa de las células microbianas como su elemento estructural básico.

El Nitrógeno es un componente decisivo de las proteínas. Las bacterias cuya biomasa está formada en un 50 % por proteínas, necesitan mucho Nitrógeno para su rápido desarrollo. Cuando hay poco Nitrógeno, la población de microorganismos no crecerá a su tamaño óptimo y el proceso de compostaje se ralentizará. Por otro lado, si existe demasiado Nitrógeno se permite un crecimiento microbiano rápido y se acelera la descomposición, pero se pueden

²⁶ Díaz, 1999.

²⁷ McKinley, 1985.

²⁸ Gray et al., 1971.

²⁹ Poincelot, 1974.

³⁰ Leege, 1996.

crear serios problemas de olores al disminuir el oxígeno y producirse condiciones anaerobias. Además, parte de ese exceso de Nitrógeno se desprenderá en forma de amoníaco que genera olores y las consiguientes pérdidas de Nitrógeno al volatilizarse. Por ello las materias primas con alto contenido en Nitrógeno requieren una gestión bastante más cuidadosa. Se debe asegurar un adecuado transporte interno del oxígeno así como lograr una mezcla lo más homogénea posible con un residuo que posea un alto contenido en Carbono.

Para la mayor parte de las materias primas, una relación C/N de 30 a 1 (en peso) mantendrá a estos elementos en un cierto equilibrio, aunque algunos otros factores puedan también entrar en juego.

De esta forma, si se tienen varias materias primas para compostar, ¿cómo se calcula la mezcla idónea para conseguir los objetivos de Humedad y relación C/N?

La teoría para el cálculo relaciones de mezclas es relativamente sencilla, el único prerrequisito es el álgebra lineal que se imparte en el ámbito universitario. Para facilitar el cálculo de la mezcla en cada situación³¹ se puede hacer uso de unas hojas de cálculo especialmente diseñadas para ello fácilmente utilizables en un Pc con el Programa Excel de Microsoft y descargables gratuitamente de Internet. Se adjuntan a continuación unos ejemplos de cálculo para nuestras mezclas de alperujo, hojín y estiércol.

En las hojas siguientes se han hecho tres modelos de cálculo para tres situaciones diferentes:

Modelo 1.- Se parte de tres materias primas; alperujo, hojín y estiércol. Se tienen los datos de Densidad aparente DA, humedad H, % de Carbono C y % de Nitrógeno N de cada ingrediente. Se ha fijado en 60 % la humedad y 30 % la relación C/N iniciales de la mezcla por los motivos anteriormente indicados. Se sabe la cantidad del primer ingrediente que se va a usar y se quiere saber:

- a. el peso óptimo de los otros dos.
- b. la C/N de la mezcla final y su H
- c. el volumen de los tres ingredientes y su proporción relativa para facilitar su mezclado en la planta de compostaje

³¹ Se ha obtenido permiso, por parte de sus autores, para ser usada libremente esta traducción de las hojas Excel en nuestros proyectos de compostaje de alperujos. Simplemente se nos ha solicitado citar al autor y la fuente.

Autores: Tom Richard, Nancy Trautmann, Marianne Krasny, Sue Fredenburg y Chris Stuart
Fuente <http://compostcss.cornell.edu/science.html> Universidad de Cornell

Modelo 2.- Se tienen tres materias primas; alperujo, hojín y estiércol. Se tienen los datos de Densidad aparente DA, humedad H, % de Carbono C y % de Nitrógeno N de cada ingrediente. Se ha fijado en 60% la humedad y 30 % la relación C/N iniciales de la mezcla. Se saben las cantidades en peso del primer (alperujo) y segundo (hojín) ingredientes y se quiere saber:

- d. el peso óptimo del otro ingrediente.
- e. la C/N de la mezcla y su H.
- f. el volumen de los tres ingredientes y su proporción relativa.

Modelo 3.- Se tienen cuatro materias primas; alperujo, hojín, estiércol y compost del año anterior. Se tienen los datos de Densidad aparente DA, humedad H, % de Carbono C y % de Nitrógeno N de cada ingrediente. Se ha fijado en 60 % la humedad y 30 % la relación C/N iniciales de la mezcla. Se sabe la cantidad en peso de los dos primeros ingredientes que se van a usar y se quiere saber:

- g. el peso óptimo de los otros dos.
- h. la C/N de la mezcla y su H.
- i. el volumen de los cuatro ingredientes y su proporción relativa.

En cada modelo se han empleado dos copias de la hoja de cálculo en dos momentos distintos. En la primera se han introducido los datos de los parámetros de cada materia prima y el objetivo esperado de humedad y relación C/N iniciales de la mezcla (60 % y 30). Se indica con flechas donde irán esos datos y donde se introduciría el peso de l(os) ingrediente(s) de partida.

En la segunda hoja de cada modelo se señala cronológicamente con números del 1 al 4 los pasos a ir dando.

1. Se indica dónde se introduce el peso del (os) ingrediente(s) inicial(es).
2. Se señala en qué lugar de la hoja aparecen los datos de peso que se necesitan conocer y donde deben copiarse.
3. Se muestra dónde aparecen los datos calculados de H y C/N con todos los pesos de la mezcla inicial.
4. Se apunta dónde aparecen los datos calculados de volumen de todos los ingredientes.

Hoja de calculo para el calculo de la humedad y relacion C/N en co-compostaje de alperujos

Para utilizar esta hoja de cálculo, introduce los datos de tus materias primas en la primera tabla (hasta 4 materias primas) Una vez introducidos los datos, la hoja de calculo genera automaticamente la humedad y la relacion C/N de la mezcla Alternativamente, la hoja de calculo calculará las proporciones adecuadas para los objetivos de humedad o/y C/N Para más explicación de las formulas usadas en esta hoja de cálculo, visita la seccion de Ciencia e Ingenieria del sitio web Cornell Composting http://compost.css.cornell.edu/Composting_Homepage.html

NOTA - No copies y pegues fuera de la tabla los datos existentes, ya que las formulas pueden quedar vinculadas a los datos antiguos. Las celdas donde se introducen los datos estan sombreadas en verde claro. Los resultados de la formula están sombreadas en ocre.

Materia prima	Densidad ap.	% Humedad	% Carbono	% Nitrogen	Peso (kg. o t.)
alperujo	0,89	70,0	57,2	1,2	
hojas	0,30	40,0	50,5	1,4	
estiércol	0,7	45,0	28,1	2,3	
otro ingrediente					

Calculo del contenido en humedad de la mezcla: #¡DIV/0! (los pesos según lo especificado)
 Calculo de la relacion C/N de la mezcla: #¡DIV/0! (los pesos según lo especificado)

Modelo 1
 Se parte de un solo peso: alperujo 5.000 Tm
 Se tienen los datos de DA, H, C y N del alperujo, hojín y estiércol.

El peso requerido para la tercera materia prima se determina por sus propias características, los pesos de las dos primeras y los objetivos:

objetivo de humedad: 60,0 (hay que definir estos objetivos para alcanzar los requerimientos previstos)
 objetivo de C/N: 30,0

Peso calculado para la tercera materia prima: estiércol
 Para lograr el objetivo de humedad: 0,00
 Para lograr el objetivo de C/N: 0,00

Se quiere obtener el dato de peso y volumen de los otros dos ingredientes : hojín y estiércol para que la mezcla inicial tenga una humedad próxima al 60 % y una C/N cercana a 30.

Para esos mismos objetivos de humedad y C/N, el peso requerido de la cuarta materia prima se puede determinar sobre los pesos dados de los otros tres:

Peso calculado para la cuarta materia prima: otro ingrediente
 Para lograr el objetivo de humedad: 0,00
 Para lograr el objetivo de C/N: #¡DIV/0!

Notas: los valores negativos indican que las características de la materia prima añadida no estan en el lado opuesto del objetivo de la mezcla inicial. Un error del tipo "dividido por cero" ocurrirá si intentas añadir agua para equilibrar la relacion C/N.

La solucion simultánea para un tercer ingrediente para la humedad y relacion C/N (según los objetivos arriba indicados) dando el peso de la primera materia prima, es:

Peso calculado para la segunda materia prima: hojas 0,00
 estiércol
 Peso calculado para la tercera materia prima: 0,00

Nota: Un valor negativo indica que para estos objetivos una solución simultánea no es posible con las materias primas seleccionadas. Intentalo con otras materias primas diferentes, re-evalua tus objetivos, o añade una cuarta materia prima usando la formula de abajo

Puedes comprobar estas soluciones llevando los pesos calculados a la tabla al comienzo de esta hoja de calculo.

Similarmente, la solucion simultánea para la mezcla con un cuarto ingrediente para la humedad y relacion C/N (según los objetivos arriba indicados) con los datos de la primera y segunda materia orgánica, es:

Peso calculado para la tercera materia prima: estiércol 0,00
 otro ingrediente
 0,00

Nota: Un valor negativo indica que para estos objetivos una solución simultánea no es posible con las materias primas seleccionadas. Intentalo con otras materias primas diferentes, re-evalua tus objetivos, o añade una cuarta materia prima usando la formula de abajo

De nuevo, puedes comprobar estas soluciones llevando los pesos calculados a la tabla al comienzo de esta hoja de calculo

Como dato complementario de tipo logistico, se incluye en la última tabla los volúmenes a los que corresponden los pesos obtenidos partiendo de los datos de densidad de cada materia prima. Se considera tanto el valor el unidad de volumen como su proporcion relativa para facilitar el proceso de mezcla considerando volúmenes en vez de pesos.

Materia prim	Volumen de mezcla	
	lit o m3	ratio
alperujo	0,00	#¡DIV/0!
hojas	0,00	#¡DIV/0!
estiércol	0,00	#¡DIV/0!
otro ingredie	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

* El sitio Web Cornell Composting fue desarrollado por Tom Richard, Nancy Trautmann, Marianne Krasny, Sue Fredenburg y Chris Stuart Todo el material está protegido por la Sección 107 de la Ley de EEUU 1976 sobre copyright. El registro lo ostenta la Universidad de Cornell Si usas este material por favor cita al autor y la fuente.

Hoja de calculo para el calculo de la humedad y relacion C/N en co-compostaje de alperujos

Para utilizar esta hoja de cálculo, introduce los datos de tus materias primas en la primera tabla (hasta 4 materias primas)
 Una vez introducidos los datos, la hoja de calculo genera automaticamente la humedad y la relacion C/N de la mezcla
 Alternativamente, la hoja de calculo calculará las proporciones adecuadas para los objetivos de humedad o/y C/N
 Para más explicación de las formulas usadas en esta hoja de cálculo, visita la seccion de Ciencia e Ingenieria
 del sitio web Cornell Composting http://compost.css.cornell.edu/Composting_Homepage.html

NOTA - No copies y pegues fuera de la tabla los datos existentes, ya que las formulas pueden quedar vinculadas a los datos antiguos. Las celdas donde se introducen los datos estan sombreadas en verde claro. Los resultados de la formula están sombreadas en ocre.

Materia prima	Densidad ap.	% Humedad	% Carbono	% Nitrogen	Peso (kg. o t.)
alperujo	0,89	70,0	57,2	1,2	5000,00
hojas	0,30	40,0	50,5	1,4	1230,53
estiercol	0,7	45,0	28,1	2,3	1692,53
otro ingrediente					

1
 Se introduce el dato de 5.000 Tm de alperujo.

Calculo del contenido en humedad de la mezcla: **60,0** (los pesos según lo especificado)
 Calculo de la relacion C/N de la mezcla: **30,0** (los pesos según lo especificado)

El peso requerido para la tercera materia prima se determina por sus propias características, los pesos de las dos primeras y los objetivos:

objetivo de humedad: **60,0** (hay que definir estos objetivos para alcanzar los requerimientos previstos)
 objetivo de C/N: **30,0**

Peso calculado para la tercera materia prima: estiercol

Para lograr el objetivo de humedad: **1692,63**

Para lograr el objetivo de C/N: **1692,63**

3
 Se calcula automáticamente la H y C/N de la mezcla.

Para esos mismos objetivos de humedad y C/N, el peso requerido de la cuarta materia prima se puede determinar sobre los pesos dados de los otros tres:

Peso calculado para la cuarta materia prima: otro ingrediente

Para lograr el objetivo de humedad: **0,02**

Para lograr el objetivo de C/N: **#¡DIV/0!**

Notas: los valores negativos indican que las características de la materia prima añadida no estan en el lado opuesto del objetivo de la mezcla inicial. Un error del tipo "dividido por cero" ocurrirá si intentas añadir agua para equilibrar la relacion C/N.

La solucion simultánea para un tercer ingrediente para la humedad y relacion C/N (según los objetivos arriba indicados) dando el peso de la primera materia prima, es:

Peso calculado para la segunda materia prima: hojas **1230,53**

estiercol **1692,63**

Peso calculado para la tercera materia prima: **1692,63**

Nota: Un valor negativo indica que para estos objetivos una solución simultánea no es posible con las materias primas seleccionadas. Intentalo con otras materias primas diferentes, re-evalua tus objetivos, o añade una cuarta materia prima usando la formula de abajo

2
 Se copia el resultado que aparece en estas celdas en las correspondientes de las materias primas 2 y 3.

Puedes comprobar estas soluciones llevando los pesos calculados a la tabla al comienzo de esta hoja de calculo.

Similarmente, la solucion simultánea para la mezcla con un cuarto ingrediente para la humedad y relacion C/N (según los objetivos arriba indicados) con los datos de la primera y segunda materia orgánica, es:

Peso calculado para la tercera materia prima: estiercol **1692,63**

Peso calculado para la cuarta materia prima: otro ingrediente **0,00**

Nota: Un valor negativo indica que para estos objetivos una solución simultánea no es posible con las materias primas seleccionadas. Intentalo con otras materias primas diferentes, re-evalua tus objetivos, o añade una cuarta materia prima usando la formula de abajo

4
 Se calcula automáticamente la mezcla en volumen para los tres ingredientes: alperujo, hojín y estiércol.

De nuevo, puedes comprobar estas soluciones llevando los pesos calculados a la tabla al comienzo de esta hoja de calculo

Como dato complementario de tipo logistico, se incluye en la última tabla los volúmenes a los que corresponden los pesos obtenidos partiendo de los datos de densidad de cada materia prima. Se considera tanto el valor el unidad de volumen como su proporcion relativa para facilitar el proceso de mezcla considerando volúmenes en vez de pesos.

Materia prim	Volumen de mezcla	
	lit o m3	ratio
alperujo	5617,98	2,32
hojas	4101,77	1,70
estiercol	2417,90	1,00
otro ingredie	#¡DIV/0!	

Hoja de calculo para el calculo de la humedad y relacion C/N en co-compostaje de alperujos

Para utilizar esta hoja de cálculo, introduce los datos de tus materias primas en la primera tabla (hasta 4 materias primas)
 Una vez introducidos los datos, la hoja de calculo genera automaticamente la humedad y la relacion C/N de la mezcla
 Alternativamente, la hoja de calculo calculará las proporciones adecuadas para los objetivos de humedad o/y C/N
 Para más explicación de las formulas usadas en esta hoja de cálculo, visita la seccion de Ciencia e Ingenieria
 del sitio web Cornell Composting http://compost.css.cornell.edu/Composting_Homepage.html

NOTA - No copies y pegues fuera de la tabla los datos existentes, ya que las formulas pueden quedar vinculadas a los datos antiguos. Las celdas donde se introducen los datos estan sombreadas en verde claro. Los resultados de la formula están sombreadas en ocre.

Materia prima	Densidad ap.	% Humedad	% Carbono	% Nitrogen	Peso (kg. o t.)
alperujo	0,89	70,0	57,2	1,2	
hojas	0,30	40,0	50,5	1,4	
estiércol	0,7	45,0	28,1	-2,3	
otro ingrediente					

Calculo del contenido en humedad de la mezcla: **#¡DIV/0!** (los pesos según lo especificado)
 Calculo de la relacion C/N de la mezcla: **#¡DIV/0!** (los pesos según lo especificado)

El peso requerido para la tercera mateia prima se determina por sus propias características, los pesos de las dos primeras y los objetivos:

objetivo de humedad: **60,0** (hay que definir estos objetivos para alcanzar los requerimientos previstos)
 objetivo de C/N: **30,0**

Peso calculado para la tercera materia prima: estiércol

Para lograr el objetivo de humedad: **0,00**

Para lograr el objetivo de C/N: **0,00**

Para esos mismos objetivos de humedad y C/N, el peso requerido de la cuarta materia prima se puede determinar sobre los pesos dados de los otros tres:

Peso calculado para la cuarta materia prima: otro ingrediente

Para lograr el objetivo de humedad: **0,00**

Para lograr el objetivo de C/N: **#¡DIV/0!**

Notas: los valores negativos indican que las características de la materia prima añadida no estan en el lado opuesto del objetivo de la mezcla inicial. Un error del tipo "dividido por cero" ocurrirá si intentas añadir agua para equilibrar la relacion C/N.

La solucion simultánea para un tercer ingrediente para la humedad y relacion C/N (según los objetivos arriba indicados) dando el peso de la primera materia prima, es:

Peso calculado para la segunda materia prima: hojas **0,00**

Peso calculado para la tercera materia prima: estiércol **0,00**

Nota: Un valor negativo indica que para estos objetivos una solución simultánea no es posible con las materias primas seleccionadas. Intentalo con otras materias primas diferentes, re-evalua tus objetivos, o añade una cuarta materia prima usando la formula de abajo

Puedes comprobar estas soluciones llevando los pesos calculados a la tabla al comienzo de esta hoja de calculo.

Similarmente, la solucion simultánea para la mezcla con un cuarto ingrediente para la humedad y relacion C/N (según los objetivos arriba indicados) con los datos de la primera y segunda materia orgánica, es:

Peso calculado para la tercera materia prima: estiércol **0,00**

Peso calculado para la cuarta materia prima: otro ingrediente **0,00**

Nota: Un valor negativo indica que para estos objetivos una solución simultánea no es posible con las materias primas seleccionadas. Intentalo con otras materias primas diferentes, re-evalua tus objetivos, o añade una cuarta materia prima usando la formula de abajo

De nuevo, puedes comprobar estas soluciones llevando los pesos calculados a la tabla al comienzo de esta hoja de calculo

Como dato complementario de tipo logistico, se incluye en la última tabla los volúmenes a los que corresponden los pesos obtenidos partiendo de los datos de densidad de cada materia prima. Se considera tanto el valor el unidad de volumen como su proporcion relativa para facilitar el proceso de mezcla considerando volúmenes en vez de pesos.

Materia prim	Volumen de mezcla	
	lit o m3	ratio
alperujo	0,00	#¡DIV/0!
hojas	0,00	#¡DIV/0!
estiércol	0,00	#¡DIV/0!
otro ingredie	#¡DIV/0!	

Modelo

2

Se parte de dos pesos: el de alperujo de 5.000 Tm y 312 Tm de hojín.

Se tienen los datos de DA, H, C y N del alperujo, hojín y estiércol.

Se quiere obtener el dato del peso y volumen del otro ingrediente : estiércol para que la mezcla inicial tenga una humedad próxima 60 % y una C/N cercana a 30.

Hoja de calculo para el calculo de la humedad y relacion C/N en co-compostaje de alperujos

Para utilizar esta hoja de cálculo, introduce los datos de tus materias primas en la primera tabla (hasta 4 materias primas)
 Una vez introducidos los datos, la hoja de calculo genera automaticamente la humedad y la relacion C/N de la mezcla
 Alternativamente, la hoja de calculo calculará las proporciones adecuadas para los objetivos de humedad o/y C/N
 Para más explicación de las formulas usadas en esta hoja de cálculo, visita la seccion de Ciencia e Ingenieria del sitio web Cornell Composting http://compost.css.cornell.edu/Composting_Homepage.html

NOTA - No copies y pegues fuera de la tabla los datos existentes, ya que las formulas pueden quedar vinculadas a los datos antiguos. Las celdas donde se introducen los datos estan sombreadas en verde claro. Los resultados de la formula están sombreadas en ocre.

Materia prima	Densidad ap.	% Humedad	% Carbono	% Nitrogen	Peso (kg. o t.)
alperujo	0,89	70,0	57,2	1,2	5000,00
hojas	0,30	40,0	50,5	1,4	312,50
estiércol	0,7	45,0	28,1	2,3	1484,50
otro ingrediente					

Calculo del contenido en humedad de la mezcla: **63,2** (los pesos según lo especificado)
 Calculo de la relacion C/N de la mezcla: **30,0** (los pesos según lo especificado)

El peso requerido para la tercera materia prima se determina por sus propias características, los pesos de las dos primeras y los objetivos:

objetivo de humedad: **60,0** (hay que definir estos objetivos para alcanzar los requerimientos previstos)
 objetivo de C/N: **30,0**

Peso calculado para la tercera materia prima: estiércol
 Para lograr el objetivo de humedad: **2916,67**
 Para lograr el objetivo de C/N: **1484,50**

Para esos mismos objetivos de humedad y C/N, el peso requerido de la cuarta materia prima se puede determinar sobre los pesos dados de los otros tres:

Peso calculado para la cuarta materia prima: otro ingrediente
 Para lograr el objetivo de humedad: **358,04**
 Para lograr el objetivo de C/N: **#¡DIV/0!**

Notas: los valores negativos indican que las características de la materia prima añadida no estan en el lado opuesto del objetivo de la mezcla inicial. Un error del tipo "dividido por cero" ocurrirá si intentas añadir agua para equilibrar la relacion C/N.

La solucion simultánea para un tercer ingrediente para la humedad y relacion C/N (según los objetivos arriba indicados) dando el peso de la primera materia prima, es:

Peso calculado para la segunda materia prima: hojas **1230,53**
 estiércol **1692,63**
 Peso calculado para la tercera materia prima: **1484,50**

Nota: Un valor negativo indica que para estos objetivos una solución simultánea no es posible con las materias primas seleccionadas. Intentalo con otras materias primas diferentes, re-evalua tus objetivos, o añade una cuarta materia prima usando la formula de abajo

Puedes comprobar estas soluciones llevando los pesos calculados a la tabla al comienzo de esta hoja de calculo.

Similarmente, la solucion simultánea para la mezcla con un cuarto ingrediente para la humedad y relacion C/N (según los objetivos arriba indicados) con los datos de la primera y segunda materia orgánica, es:

Peso calculado para la tercera materia prima: estiércol **1484,50**
 otro ingrediente **358,04**

Nota: Un valor negativo indica que para estos objetivos una solución simultánea no es posible con las materias primas seleccionadas. Intentalo con otras materias primas diferentes, re-evalua tus objetivos, o añade una cuarta materia prima usando la formula de abajo

De nuevo, puedes comprobar estas soluciones llevando los pesos calculados a la tabla al comienzo de esta hoja de calculo

Como dato complementario de tipo logistico, se incluye en la última tabla los volúmenes a los que corresponden los pesos obtenidos partiendo de los datos de densidad de cada materia prima. Se considera tanto el valor el unidad de volumen como su proporcion relativa para facilitar el proceso de mezcla considerando volúmenes en vez de pesos.

Materia prim	Volumen de mezcla	
	lit o m3	ratio
alperujo	5617,98	2,65
hojas	1041,67	0,49
estiércol	2120,71	1,00
otro ingredie	#¡DIV/0!	

1
 Se introducen los datos de 5.000 Tm de alperujo y 312,5 Tm de hojín.

3
 Se calcula automáticamente la H y C/N de la mezcla.

2
 Se copia el resultado que aparece en esta celda en la correspondiente de la materia prima 3.

4
 Se calcula automáticamente la mezcla en volumen para los tres ingredientes: alperujo, hojín y estiércol.

Hoja de calculo para el calculo de la humedad y relacion C/N en co-compostaje de alperujos

Para utilizar esta hoja de cálculo, introduce los datos de tus materias primas en la primera tabla (hasta 4 materias primas)
 Una vez introducidos los datos, la hoja de calculo genera automaticamente la humedad y la relacion C/N de la mezcla
 Alternativamente, la hoja de calculo calculará las proporciones adecuadas para los objetivos de humedad o/y C/N
 Para más explicación de las formulas usadas en esta hoja de cálculo, visita la seccion de Ciencia e Ingenieria del sitio web Cornell Composting http://compost.css.cornell.edu/Composting_Homepage.html

NOTA - No copies y pegues fuera de la tabla los datos existentes, ya que las formulas pueden quedar vinculadas a los datos antiguos. Las celdas donde se introducen los datos estan sombreadas en verde claro. Los resultados de la formula están sombreadas en ocre.

Materia prima	Densidad ap.	% Humedad	% Carbono	% Nitrogen	Peso (kg. o t.)
alperujo	0,89	70,0	57,2	1,2	
hojas	0,30	40,0	50,5	1,4	
estiercol	0,7	45,0	28,1	2,3	
compost año anterior	0,5	40,0	21,1	1,2	

} se dan los resultados de estos pesos unas filas mas abajo

Calculo del contenido en humedad de la mezcla: **#¡DIV/0!** (los pesos según lo especificado)
 Calculo de la relacion C/N de la mezcla: **#¡DIV/0!** (los pesos según lo especificado)

El peso requerido para la tercera materia prima se determina por sus propias características, los pesos de las dos primeras y los objetivos:

objetivo de humedad: **60,0** (hay que definir estos objetivos para alcanzar los requerimientos previstos)
 objetivo de C/N: **30,0**

Peso calculado para la tercera materia prima: estiercol

Para lograr el objetivo de humedad: **0,00**

Para lograr el objetivo de C/N: **0,00**

Para esos mismos objetivos de humedad y C/N, el peso requerido de la cuarta materia prima se puede determinar sobre los pesos dados de los otros tres:

Peso calculado para la cuarta materia prima: compost año anterior

Para lograr el objetivo de humedad: **0,00**

Para lograr el objetivo de C/N: **0,00**

Notas: los valores negativos indican que las características de la materia prima añadida no estan en el lado opuesto del objetivo de la mezcla inicial. Un error del tipo "dividido por cero" ocurrirá si intentas añadir agua para equilibrar la relacion C/N.

La solucion simultánea para un tercer ingrediente para la humedad y relacion C/N (según los objetivos arriba indicados) dando el peso de la primera materia prima, es:

Peso calculado para la segunda materia prima: hojas **0,00**

estiercol **0,00**

Peso calculado para la tercera materia prima: **0,00**

Nota: Un valor negativo indica que para estos objetivos una solución simultánea no es posible con las materias primas seleccionadas. Intentalo con otras materias primas diferentes, re-evalua tus objetivos, o añade una cuarta materia prima usando la formula de abajo

Puedes comprobar estas soluciones llevando los pesos calculados a la tabla al comienzo de esta hoja de calculo.

Similarmente, la solucion simultánea para la mezcla con un cuarto ingrediente para la humedad y relacion C/N (según los objetivos arriba indicados) con los datos de la primera y segunda materia orgánica, es:

Peso calculado para la tercera materia prima: estiercol **0,00**

Peso calculado para la cuarta materia prima: compost año anterior **0,00**

Nota: Un valor negativo indica que para estos objetivos una solución simultánea no es posible con las materias primas seleccionadas. Intentalo con otras materias primas diferentes, re-evalua tus objetivos, o añade una cuarta materia prima usando la formula de abajo

De nuevo, puedes comprobar estas soluciones llevando los pesos calculados a la tabla al comienzo de esta hoja de calculo.

Como dato complementario de tipo logistico, se incluye en la última tabla los volúmenes a los que corresponden los pesos obtenidos partiendo de los datos de densidad de cada materia prima. Se considera tanto el valor el unidad de volumen como su proporcion relativa para facilitar el proceso de mezcla considerando volúmenes en vez de pesos.

Materia prima	Volumen de mezcla	
	lit o m3	ratio
alperujo	0,00	#¡DIV/0!
hojas	0,00	#¡DIV/0!
estiercol	0,00	#¡DIV/0!
compost año anterior	0,00	#¡DIV/0!

Modelo 3
 Se parte de dos pesos: el de alperujo de 5.000 t y 312,5 Tm de hojín.

Se tienen los datos de DA, H, C y N del alperujo, hojín, estiércol y compost del año anterior.

Se quiere obtener el peso y volumen de los otros dos ingredientes : estiércol y compost del año anterior para que la mezcla inicial tenga una humedad próxima al 60 % y una C/N cercana a 30.

Hoja de calculo para el calculo de la humedad y relacion C/N en co-compostaje de alperujos

Para utilizar esta hoja de cálculo, introduce los datos de tus materias primas en la primera tabla (hasta 4 materias primas)
Una vez introducidos los datos, la hoja de calculo genera automaticamente la humedad y la relacion C/N de la mezcla
Alternativamente, la hoja de calculo calculará las proporciones adecuadas para los objetivos de humedad o/y C/N
Para más explicación de las formulas usadas en esta hoja de cálculo, visita la seccion de Ciencia e Ingenieria del sitio web Cornell Composting http://compost.css.cornell.edu/Composting_Homepage.html

NOTA - No copies y pegues fuera de la tabla los datos existentes, ya que las formulas pueden quedar vinculadas a los datos antiguos. Las celdas donde se introducen los datos estan sombreadas en verde claro.
Los resultados de la formula están sombreadas en ocre.

Materia prima	Densidad ap.	% Humedad	% Carbono	% Nitrogen	Peso (kg. o t.)
alperujo	0,89	70,0	57,2	1,2	5000,00
hojas	0,30	40,0	50,5	1,4	312,50
estiercol	0,7	45,0	28,1	2,3	876,35
compost año :	0,5	40,0	21,1	1,2	1530,24

Calculo del contenido en humedad de la mezcla: **60,0** (los pesos según lo especificado)
Calculo de la relacion C/N de la mezcla: **30,0** (los pesos según lo especificado)

El peso requerido para la tercera materia prima se determina por sus propias características, los pesos de las dos primeras y los objetivos:

objetivo de humedad: **60,0** (hay que definir estos objetivos para alcanzar los requerimientos previstos)
objetivo de C/N: **30,0**

Peso calculado para la tercera materia prima: estiercol

Para lograr el objetivo de humedad: **2916,67**
Para lograr el objetivo de C/N: **1484,50**

Para esos mismos objetivos de humedad y C/N, el peso requerido de la cuarta materia prima se puede determinar sobre los pesos dados de los otros tres:

Peso calculado para la cuarta materia prima: compost año anterior

Para lograr el objetivo de humedad: **1530,24**
Para lograr el objetivo de C/N: **1530,23**

Notas: los valores negativos indican que las características de la materia prima añadida no estan en el lado opuesto del objetivo de la mezcla inicial. Un error del tipo "dividido por cero" ocurrirá si intentas añadir agua para equilibrar la relacion C/N.

La solucion simultánea para un tercer ingrediente para la humedad y relacion C/N (según los objetivos arriba indicados, dando el peso de la primera materia prima, es:

Peso calculado para la segunda materia prima: hojas **1230,53**

Peso calculado para la tercera materia prima: estiercol **1692,63**

Nota: Un valor negativo indica que para estos objetivos una solución simultánea no es posible con las materias primas seleccionadas. Intentalo con otras materias primas diferentes, re-evalua tus objetivos, o añade una cuarta materia prima usando la formula de abajo

Puedes comprobar estas soluciones llevando los pesos calculados a la tabla al comienzo de esta hoja de calculo.

Similarmente, la solucion simultánea para la mezcla con un cuarto ingrediente para la humedad y relacion C/N (según los objetivos arriba indicados) con los datos de la primera y segunda materia orgánica, es:

Peso calculado para la tercera materia prima: estiercol **876,35**

Peso calculado para la cuarta materia prima: compost año anterior **1530,24**

Nota: Un valor negativo indica que para estos objetivos una solución simultánea no es posible con las materias primas seleccionadas. Intentalo con otras materias primas diferentes, re-evalua tus objetivos, o añade una cuarta materia prima usando la formula de abajo

De nuevo, puedes comprobar estas soluciones llevando los pesos calculados a la tabla al comienzo de esta hoja de calculo

Como dato complementario de tipo logistico, se incluye en la última tabla los volúmenes a los que corresponden los pesos obtenidos partiendo de los datos de densidad de cada materia prima. Se considera tanto el valor el unidad de volumen como su proporcion relativa para facilitar el proceso de mezcla considerando volúmenes en vez de pesos.

Materia prim	Volumen de mezcla	
	lit o m3	ratio
alperujo	5617,98	4,49
hojas	1041,67	0,83
estiercol	1251,93	1,00
compost año	3060,48	2,44

1

Se introducen los datos de 5.000 Tm de alperujo y 312,5 Tm de hojín.

3

Se calcula Automáticamente la H y C/N de la mezcla.

2

Se copian los resultados que aparecen en estas celdas en las correspondientes de las materias primas 3 y 4.

4

Se calcula automáticamente la mezcla en volumen para los cuatro ingredientes: alperujo, hojín y estiércol y compost del año anterior.

La situación más habitual entre las almazaras que inician su actividad es la representada por el Modelo 2.

En esta situación se dispone del alperujo de la almazara y su correspondientes hojas procedentes de la limpieza que viene a ser sobre el 5% en peso de la producción de aceituna, es decir 6,25 % de la cantidad de alperujo disponible.

A estas dos cantidades de alperujo y hojín hay que añadirle estiércol.

Veamos tres tablas calculadas para dimensionar esta mezcla. La primera para estiércol de vacuno, la segunda para estiércol de ovino y la tercera para gallinaza. Se deben tomar los valores de los parámetros de cálculo como orientativos. En caso de procederse al cálculo preciso, sería necesario disponer de la analítica sobre muestras tomadas de las materia primas disponibles.

Materia prima	Valores de parámetros de calculo				Peso mezcla		Volumen de mezcla	
	Densidad ap.	% Humedad	% Carbono	% Nitrogeno	toneladas	ratio	m3	ratio
alperujo	0,89	70,0	57,2	1,2	5000,00	16,00	5617,98	5,39
hojas	0,30	40,0	50,5	1,4	312,50	1,00	1041,67	1,00
estiércol vaca	0,7	45,0	28,1	2,3	1484,50	4,75	2120,71	2,04
Peso			Volumen					
alperujo	hojas	estiércol	alperujo	hojas	estiércol			
1.000	62,5	296,9	1.124	208,3	424,1			
2.000	125,0	593,8	2.247	416,7	848,3			
3.000	187,5	890,7	3.371	625,0	1.272,4			
4.000	250,0	1.187,6	4.494	833,3	1.696,6			
5.000	312,5	1.484,5	5.618	1.041,7	2.120,7			
10.000	625,0	2.969,0	11.236	2.083,3	4.241,4			
15.000	937,5	4.453,5	16.854	3.125,0	6.362,1			
20.000	1.250,0	5.938,0	22.472	4.166,7	8.482,9			
Materia prima	Valores de parámetros de calculo				Peso mezcla		Volumen de mezcla	
	Densidad ap.	% Humedad	% Carbono	% Nitrogeno	toneladas	ratio	m3	ratio
alperujo	0,89	70,0	57,2	1,2	5000,00	16,00	5617,98	5,39
hojas	0,30	40,0	50,5	1,4	312,50	1,00	1041,67	1,00
estiércol oveja	0,4	38,5	22,6	1,7	1911,93	6,12	4779,83	4,59
Peso			Volumen					
alperujo	hojas	estiércol	alperujo	hojas	estiércol			
1.000	62,5	296,9	1.124	208,3	742,3			
2.000	125,0	593,8	2.247	416,7	1.484,5			
3.000	187,5	890,7	3.371	625,0	2.226,8			
4.000	250,0	1.187,6	4.494	833,3	2.969,0			
5.000	312,5	1.911,9	5.618	1.041,7	4.779,8			
10.000	625,0	2.969,0	11.236	2.083,3	7.422,5			
15.000	937,5	4.453,5	16.854	3.125,0	11.133,8			
20.000	1.250,0	5.938,0	22.472	4.166,7	14.845,0			
Materia prima	Valores de parámetros de calculo				Peso mezcla		Volumen de mezcla	
	Densidad ap.	% Humedad	% Carbono	% Nitrogeno	toneladas	ratio	m3	ratio
alperujo	0,89	70,0	57,2	1,2	5000,00	16,00	5617,98	5,39
hojas	0,30	40,0	50,5	1,4	312,50	1,00	1041,67	1,00
gallinaza	0,4	20,1	40,0	3,2	746,32	2,39	1865,80	1,79
Peso			Volumen					
alperujo	hojas	estiércol	alperujo	hojas	estiércol			
1.000	62,5	296,9	1.124	208,3	424,1			
2.000	125,0	593,8	2.247	416,7	848,3			
3.000	187,5	890,7	3.371	625,0	1.272,4			
4.000	250,0	1.187,6	4.494	833,3	1.696,6			
5.000	312,5	746,3	5.618	1.041,7	1.066,2			
10.000	625,0	2.969,0	11.236	2.083,3	4.241,4			
15.000	937,5	4.453,5	16.854	3.125,0	6.362,1			
20.000	1.250,0	5.938,0	22.472	4.166,7	8.482,9			

Se han incluido las hojas de cálculo antes presentadas en el CD adjunto en este Estudio (con la copia digital del mismo) para que se puedan realizar los cálculos requeridos con facilidad. Estas hojas servirían de modelo para otros cálculos que se quiera realizar en circunstancias diferentes a las expuestas aquí.

Descripción de las características físico-químicas de los compost actualmente producidos.

Basándose en las analíticas ya existentes se describen a continuación las características de los productos realizados por las almazaras ecológicas e integradas que se han estudiado.

Según se aprecia en la tabla resumen de estadísticos descriptivos, los compost han mostrado valores de pH próximos a la neutralidad. La salinidad en general fue baja según indica la C.E.. Los niveles de M.O. fueron normales así como los de Nitrógeno. La C/N alta. Los valores obtenidos de Fósforo fueron relevantes. El Potasio dentro de ser bueno resultó algo inferior a lo previsto según la bibliografía, siendo el Ca, Mg superior a lo usual. El resto de macro nutrientes estuvo dentro de lo esperable.

Se ha analizado la correlación³² entre los valores de las proporciones p:p de las tres principales materias primas que se han usado en las mezclas (alperujo, hojín y estiércol) y los valores de los parámetros analíticos. Se ha obtenido muy buena correlación entre el estiércol y Nitrógeno, NH₄, P, K, Mg, Na, S y Zn. Siendo por tanto determinante en el valor agronómico del producto final. El alperujo obtuvo buena correlación con Humedad y muy buena con Materia Orgánica y Carbono. Finalmente el hojín se correlacionó con Mn y Ácidos fúlvicos.

Estadísticos descriptivos			
	Media	Desv. Tip.	N
alperujo (p:p)	14,0	18,9	40
hojín (p:p)	1,3	0,4	39
estiércol (p:p)	2,2	2,8	20
pH	7,4	1,0	34
CE	2.622,1	2.521,2	33
H	28,6	11,7	33
MO	39,5	19,3	32
C	20,7	10,6	31
CN	48,1	24,2	31
Nk	1,2	1,4	19
Nt	1,1	2,7	33
Nh ₄	1,1	1,5	12
NO ₃	0,0	0,0	3
P	0,8	0,7	37
K	1,6	1,4	37
Ca	5,2	4,6	31
Mg	0,8	0,6	31
Na	470,0	517,6	28
S	0,3	0,3	8
Fe	.	.	0
Cu	43,4	17,4	17
Mn	306,0	272,1	13
Zn	76,0	68,7	15
AH	8,6	13,1	12
AF	23,9	26,8	12

Materia prima	pH	CE	H	MO	C	CN	Nk	Nt	Nh ₄	NO ₃	P	K	Ca	Mg	Na	S	Fe	Cu	Mn	Zn	AH	AF	
alperujo	P.c.	0,2	0,1	0,4	0,6	0,5	-0,1	-0,1	0,0	-0,1	(a)	-0,2	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	(a)	0,4	0,3	0,1	0,2	0,2
	Sig.	0,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,6	0,7	0,9	0,8	.	0,3	0,4	0,9	0,3	0,7	0,7	.	0,2	0,3	0,8	0,6	0,5
	N	32,0	31,0	31,0	31,0	30,0	30,0	17,0	33,0	12,0	3,0	35,0	35,0	30,0	30,0	27,0	8,0	0,0	16,0	12,0	14,0	11,0	11,0
hojín	P.c.	0,3	0,1	0,3	0,3	0,3	-0,2	-0,2	0,0	-0,3	(a)	-0,2	0,1	-0,1	0,1	0,2	(a)	(a)	0,4	0,7	0,1	0,5	0,6
	Sig.	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	0,9	0,4	.	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4	0,0	.	0,1	0,0	0,8	0,2	0,0
	N	31,0	30,0	30,0	30,0	29,0	29,0	16,0	32,0	11,0	3,0	34,0	34,0	29,0	29,0	26,0	7,0	0,0	15,0	11,0	13,0	10,0	10,0
estiércol	P.c.	-0,1	-0,2	-0,2	-0,4	-0,3	-0,7	0,9	1,0	1,0	(a)	0,9	0,9	0,5	0,8	0,9	0,9	(a)	0,4	0,2	1,0	-0,2	-0,3
	Sig.	0,7	0,5	0,6	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	.	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3	.	0,3	0,8	0,0	0,7	0,5
	N	12,0	12,0	11,0	11,0	10,0	11,0	11,0	15,0	7,0	2,0	15,0	15,0	10,0	10,0	9,0	3,0	0,0	9,0	5,0	7,0	7,0	7,0
P.c.	Correlación de Pearson																						
Sig.	Significación																						
N	Numero de casos con datos																						
	Correlación significativa al nivel 0,05																						
	Correlación significativa al nivel 0,01																						

³² SPSS 13

5. Recomendaciones derivadas de la comparación de los datos anteriores

En la tabla anterior se detallan los resultados en las analíticas de los productos obtenidos con las mezclas reseñadas. Se verificaron, como ya se ha mencionado, una serie de correlaciones con significación entre algunas proporciones de mezcla y los parámetros de calidad de los productos finales.

Se ha confirmado en general la necesidad de incorporar el estiércol como fuente de Nitrógeno pero también como determinante para la obtención de niveles interesantes agronómicamente de P, K, Mg, Na, S y Zn.

En cuanto las recomendaciones específicas de los productos obtenidos en cada almazara se puede consignar las siguientes apreciaciones:

N.S Los Remedios.- Han resultado ser compost con una relación C/N alta y un nivel bajo de Nitrógeno probablemente debido más que a la falta de estiércol en la mezcla inicial a la falta de volteos que habrá propiciado estados de anaerobiosis y pérdida de Nitrógeno vía amoniacal.

Sierra de Génave.- Se trata de un compost bastante bien equilibrado en cuanto a nutrientes en el que se han combinado bien las materias primas y se ha manejado con eficiencia el proceso de compostaje.

San Isidro.- Son compost que podrían haberse manejado mejor. Falta estiércol o una fuente de Nitrógeno en la mezcla inicial y los niveles bajos de pH y altos de C/N alta pueden indicar posibles interrupciones del proceso por niveles inadecuados de humedad/aireación. Podría ser interesante en futuras producciones incorporar estiércol en mayor proporción o/e incorporar el riego desde el depósito de los lixiviados para enriquecer en nutrientes el producto final y mantener el compostaje activo durante los meses más cálidos.

O. Los Pedroches.- Algo similar pero menos acusado parece que sucedió en los ensayos previos de mezclas de compost de esta almazara. Una vez construida la planta de compostaje, el control de los parámetros fundamentales será más sencillo.

Las Valdesas.- Los productos finales han tenido una buena relación C/N pero algo bajo el Nitrógeno. Teniendo en cuenta que en la mezcla inicial no se incorporó estiércol, parece que el manejo de las pilas ha sido adecuado y también beneficiosa su combinación con el riego de los lixiviados y aguas de lavado. Sería interesante realizar la analítica de esos efluentes para, mediante el cálculo de mezcla inicial, valorar la inclusión de una proporción de estiércol

en la misma (o de otra materia prima rica en Nitrógeno y disponible en las cercanías de la planta) .

Ceder Ronda.- Es de destacar en estos ensayos previos efectuados entre el CEDER de Ronda y la Almazara de esa localidad, el buen comportamiento del estiércol de pavo en la mezcla inicial. Se han logrado unos niveles de NPK francamente destacables para un compost de alperujos. Con los datos analíticos disponibles, el resultado pretendido de frenar con la malla la pérdida de Nitrógeno en forma amoniacal, parece que ha tenido un comportamiento con diferencias escasamente relevantes en las dos pilas en las que se hizo la experiencia. Sería interesante volver a trasladar a esta Almazara los buenos resultados obtenidos para que valoren sus socios dar continuidad a las experiencias iniciales. Actualmente se justifica el abandono de esta opción de compostaje de alperujos aludiendo a la abundancia de estiércoles disponibles en su comarca.

San Sebastián.- Se trata de compost con buenas características.

Deifontes.- Ídem.

Arbequisur.- Su relación C/N ha sido muy elevada y bajo el Nitrógeno. En estos ensayos previos de la almazara, se corrobora el efecto de la falta de estiércol para obtener un buen producto final.

Alcanova S.L.- Otro buen compost ya en producción desde hace años, la mezcla de estiércol con compost del año anterior y riego con los efluentes de lixiviados y aguas de lavado ha proporcionado unos buenos productos finales. La analítica de ref. 03LEA se realizó sobre una muestra de producto aún en fase de descomposición de ahí lo elevado de su C/N.

Los Corrales.- A falta de mas datos en principio son compost de buena calidad.

Orobaena.- Producto de buenas características. Quizás algo inmaduro según se deduce de los valores de pH y C/N. Tiene niveles altos de Nitrógeno y Potasio pero bajos en Fósforo.

En vista de estos resultados del análisis realizado de los compost hasta el momento obtenidos, se deduce la necesidad por parte de los productores de llevar un seguimiento o control de los parámetros indicativos de la correcta evolución del proceso. Básicamente se trata de controlar la temperatura y humedad de las pilas y podría ser interesante también medir durante el proceso del compostaje la evolución del pH.

Algunas reflexiones

Mezcla de alperujo con hoja. La mezcla con la propia hoja de limpia supone un bajo coste añadido al ser mínimo el transporte requerido. Su inclusión mejora el secado inicial del alperujo, el proceso de fermentación y el producto final.

Incorporación de materias primas como fuente de Nitrógeno. Es prioritario continuar insistiendo en la buena práctica de incorporar a la mezcla inicial algún elemento que aumenta la proporción final de Nitrógeno del compost. Solamente se puede obviar este requerimiento de la mezcla inicial en aquellos casos en que se vaya a utilizar la combinación rica en Nitrógeno de efluentes de las aguas de lavado junto a los lixiviados de la era de compostaje (convenientemente almacenados) para el riego de las pilas en la temporada más seca del proceso. En general esta experiencia ha sido provechosa.

Pequeñas plantas de compostaje para autoconsumo. La experiencia hasta ahora desarrollada en las almazaras, está indicando que las primeras en poder emprender esta actividad de compostaje de alperujos, han sido aquellas en las que las fincas de olivar son en su mayor parte de la propia almazara y que el numero de titulares no es elevado. La totalidad de las plantas existentes autoconsume el producto aplicándolo en su olivar. Dos factores parecen influir claramente en este hecho, por una parte el proceso de toma de decisiones en este tipo de entidad es más ágil que cuando el nº de socios es elevado como es el caso de las cooperativas, por otra parte se optimizan los costes de trasiego y transporte cuando se autoconsume el compost. Probablemente sea una cuestión de mas o menos tiempo el que comiencen a incorporarse a esta actividad almazaras con mayor complejidad de gestión técnico-administrativa. De hecho ha mostrado su interés un apreciable número de ellas, aunque su puesta en marcha del proceso sea lento y se encuentren a medio camino de producir el compost sistemáticamente.

Sistema abierto de pilas volteadas. Se está utilizando de momento este sistema. Se debe ello a su menor inversión inicial a pesar de la menor calidad del producto final obtenido y mayor duración del proceso. Se están, sin embargo, comenzando a valorar, a nivel de proyecto, otras opciones en las que se usarían sistemas cerrados o semicerrados. Se están eligiendo estos últimos, a pesar de la mayor inversión inicial que suponen, para plantas de compostaje con mayores volúmenes de materiales a procesar o cuando la superficie disponible o/y los potenciales impactos ambientales puedan ser condicionantes. El hecho de actualmente carecer de experiencias a escala real al respecto está probablemente también ralentizando su puesta en marcha y se mantiene los proyectos a la espera de su financiación y construcción.

Red de investigación e intercambio de experiencias. Se debería proseguir haciendo llegar a los interesados la recopilación de la información existente y la que se siga generando para continuar mejorando esta técnica.

Centro del compost

Necesidad

Como ya se ha mencionado con anterioridad, y el propio sector lo demanda, es preciso orientar a las empresas interesadas en emprender esta nueva actividad de compostaje, para asesorarlas en el diseño de la planta o instalaciones que se desea desarrollar o construir.

Se requiere poder ajustar las mezclas de materias primas según la disponibilidad de las mismas. Se debe esta circunstancia a la gran diversidad de situaciones existentes en cuanto a su volumen, variabilidad analítica de parámetros de interés agronómico, temporalidad de su producción, distancia a la planta de compostaje, precio de materiales y costes de explotación de su tratamiento.

Por ello, se propone la creación de un Centro Tecnológico específico para el Compost que englobe todos los aspectos referidos al proceso completo, desde la obtención de la materia de base hasta su comercialización. A través de esta entidad de ámbito regional, se facilitaría también la canalización de la posible dotación presupuestaria disponible, y se podrían ejercer con mayor eficacia las funciones de dirección, coordinación, supervisión y divulgación de los trabajos realizados.

Parece importante el que este Centro disponga de un nivel de especialización basado tanto en fundamentos teóricos como en los resultados de las propias experiencias desarrolladas. Su actividad serviría a su vez para articular la regulación necesaria en este sector, a fin de impedir que pudieran darse efectos indeseables y además poder marcar las pautas metodológicas de elaboración y normalización de los productos resultantes del proceso de compostaje.

Funciones

Sin pretender ser exhaustivo en este aspecto, se pueden esbozar tanto los objetivos generales como los específicos que debería desarrollar el Centro. Así, entre los primeros, cabría citar entre otros los siguientes:

- Promover las actividades de investigación y desarrollo dentro del sector por medio de acuerdos de colaboración y mediante la búsqueda e incorporación de fondos para los mismos.
- Asesorar y prestar asistencia técnica a las empresas del sector que lo demanden, así como también a los usuarios de los productos finales.
- Definir los criterios básicos para la normalización de los productos resultantes del proceso de compostaje.
- Implantar los sistemas de gestión de la calidad para la mejora del producto de acuerdo con la normalización establecida.

Los objetivos específicos del Centro se pueden relacionar de la forma siguiente:

Análisis de mezclas “a la carta”

Parece previsible un incremento de la cantidad de compost disponible en el mercado. Eso justifica se inicie una labor continuada de investigación a fin de catalogar los distintos productos susceptibles de su reutilización por compostaje. Se definirían y normalizarían los procesos a que deben someterse (y los controles a efectuar sobre los mismos) de cara a su aplicación al terreno como abonos o enmiendas orgánicas que sean admitidas en Agricultura Ecológica.

Destacar como en este sentido de potenciación de la Innovación mediante el compostaje, el Plan Nacional de Investigación y Desarrollo 2004-2007 (que probablemente tenga continuidad en este aspecto para el periodo 2008-2011) considera de interés especial “*el desarrollo de tecnologías y metodologías para la revalorización, en cualquiera de sus formas, de subproductos, residuos o productos al final de su vida útil*”.

Es preciso orientar a las empresas interesadas en emprender esta nueva actividad. Se precisa asesorarlas en el diseño de la planta de compostaje en la que programan trabajar, para poder ajustar las mezclas de materias primas según la disponibilidad de las mismas. Se respalda esta iniciativa en la gran pluralidad de situaciones existentes en cuanto al volumen de estos materiales orgánicos. Se constata una diversidad de valores analíticos de parámetros de interés agronómico. Los distintos subproductos tienen una específica y variada temporalidad. Se encuentra una multiplicidad de situaciones de distancia a la planta de compostaje y diferencias de precios de los mismos en nuestra geografía. Por todos estos motivos, el apoyo en este aspecto facilitaría enormemente los pasos subsiguientes a realizar por la almazara interesada. En concreto la prepararía convenientemente para la localización de las instalaciones, la elección de la tecnología mas adecuada, la definición del mercado al

que se dirija el producto final y por tanto le proporcionaría los datos necesarios para el estudio de viabilidad económica de la nueva acción empresarial.

Elección del tipo de tecnologías

Los costes de explotación de una planta de compostaje van a depender de una optimización en la localización de su emplazamiento a fin de reducir los costes de transporte de materias primas implicadas en el proceso productivo, así como de la elección del sistema de compostaje más adecuado.

El sistema de compostaje que se elija afectará a la calidad del compost producido, de modo que cuanto más controlado esté el proceso, mayor calidad de compost se obtendrá, implicando evidentemente un coste de producción mayor. Las operaciones con incidencia en los costes que se pueden considerar en un proceso general de compostaje de residuos son:

- Transporte de materias primas hasta la planta.
- Preproceso, que generalmente implica una trituración, con el fin de reducir o unificar de tamaño a las partículas.
- Proceso, donde se incluyen los costes debidos a la aireación y acondicionamiento de la humedad, que son diferentes según el sistema de compostaje empleado.
- Posproceso, donde se engloban las acciones de molienda o/y cribado final para adecuar el tamaño de partícula y facilitar sus uso en campo. Transporte del compost, incluyéndose aquí todos los costes imputables a la maquinaria empleada para mover el compost dentro de la planta.

El sistema de pilas volteadas es el que menos inversión inicial requiere, aunque probablemente es el que mayores costes de explotación pueda tener. Los sistemas de pilas estáticas y cerrados con reactor horizontal, suponen una mayor inversión pero menores costes de explotación. Asimismo hay que tener en cuenta otros factores clave para la elección de la tecnología, como es el tamaño esperado de la planta en cuanto al volumen previsto de producción. En el sistema de pilas dinámicas se precisa de una superficie mayor que en los otros sistemas, de hecho, la disponibilidad de espacio a precio razonable y la aceptación por parte de los asociados y vecinos de la actividad de compostaje puede ser decisivo para la elección del tipo de tecnología.

Por otra parte, si se considera el compostaje desde un punto de vista ambiental como un tratamiento de gestión de la eliminación de los alperujos, se ha de tener en cuenta otros parámetros diferentes a los biológicos y que son, principalmente de índole económica

(mínimo tiempo de proceso, facilidad de manejo, mínima infraestructura, etc...) para conseguir la optimización del proceso al mínimo coste. No ha de olvidarse que los materiales originales, son subproductos de actividades de producción que tienen un limitado valor económico antes del proceso de compostaje, y que tras dicho proceso de revalorización como fertilizante no puede superar ciertos límites, ya que en el mercado existen precios muy competitivos. Al precio de venta del compost hay que añadir los costes de transporte y reparto en la explotación, por lo que se debe buscar un equilibrio entre un sistema de compostaje que precise los menores costes de inversión, así como la simplicidad de la tecnología empleada y la calidad de los productos finales.

Así pues, un adecuado asesoramiento en este ámbito parece de especial relevancia. Se necesitaría poder trasladar de forma eficaz toda la información existente al respecto, así como proporcionar ejemplos de plantas con diversa tecnología en funcionamiento para ser visitadas. Para obviar la escasez actual de estos ejemplos de planta piloto en el compostaje de alperujos, podría plantearse el poder disponer de pequeños módulos demostrativos en el propio Centro Tecnológico del Compost hasta que se fueran construyendo a escala real en las almazaras. Este servicio podría ser de inestimable valor para la toma de decisiones que esta innovadora actividad supone para las empresas dispuestas a emprenderla.

Posibles modelos a escala real de las distintas alternativas de tecnología y equipos para el co-compostaje de compostaje.

- Sistema abierto de pilas dinámicas.
- Sistema mixto (semicerrado) de pilas estáticas aireadas cubiertas con lona semipermeable.
- Sistema cerrado de reactor horizontal con equipo de volteo sobre rieles.
- Sistema cerrado de reactor horizontal rotativo.

Puesta a punto y difusión de prácticas adecuadas de aplicación de compost

En el olivar ecológico está pendiente de definirse las opciones idóneas de aplicación del compost de alperujo. Esto implica por una parte la formulación de la técnica de distribución más adecuada con los aperos disponibles en el mercado, de forma a optimizar los costes

derivados de esta fertilización orgánica³³ que son fundamentales en la cuenta de resultados del olivicultor.

Por otra parte se demanda desde el sector de la olivicultura ecológica recomendaciones sobre la forma de incorporación del producto al suelo una vez distribuido. Se solicita asesoramiento en esta práctica innovadora tanto en fincas en que se realiza laboreo como sobretodo en las que se ha optado por la alternativa de no-laboreo.

Asimismo se podría considerar la búsqueda de soluciones combinadas de realización conjunta de la distribución del compost con la de la siembra de abonos verdes para disminuir los costes de aplicación de ambos.

Una vez encontradas las respuestas adecuadas para estas preguntas, que se reciben desde las almazaras que inician esta actividad, se incorporaría esta información al resto de actividades de difusión haciendo hincapié en la demostración en campo de las mismas previamente a las campañas de aplicación del compost.

Definición de mercados

En las comarcas menos productivas de olivar ecológico puede surgir una paradoja en cuanto al destino final de los compost de alperujos que se están produciendo o se tiene la intención de producir. Hay almazaras ecológicas con olivicultores asociados que se encuentran en la orientación de minimizar costes y que van a evitar utilizar estos productos orgánicos para enmendar sus suelos. Así, podría darse la circunstancia de que almazaras que hayan realizado la inversión inicial (o estén en disposición de hacerlo) puedan disponer de un excedente productivo de compost sin un destino definido. Debido a esta circunstancia y a la escasez en el mercado de estos compost “verdes” de alta calidad, con escasez de metales pesados en su composición, sería conveniente la definición y prospección de mercados potenciales en el sector de las enmiendas orgánicas y substratos.

¿Qué obstáculos iniciales podrían encontrarse? Por un lado, la comercialización del compost en la agricultura se encuentra en las últimas décadas con una serie de bien conocidos problemas ligados a la familiarización del uso de los abonos minerales. Existe, como es sabido, un cierto desconocimiento del producto. Con frecuencia surge la pregunta, ¿qué es eso de compost?. Y muchas veces se confunde con otros tipos de materia orgánica o productos orgánicos de mala calidad que han creado en ocasiones una mala fama hacia estos materiales.

³³ Alonso et al., 2005

Por otro lado, los precios de los fertilizantes se basan en el contenido de elementos minerales y su capacidad para aumentar la cosecha en una determinada campaña. En el caso de estos compost es difícil valorar económicamente de una forma similar, el resultado de la enmienda orgánica debido a que sus efectos beneficiosos sobre el suelo no son apreciables a primera instancia y se alargan en el tiempo durante varias campañas. Además, dada la situación de la agricultura, se tiende a realizar los mínimos gastos posibles y el aporte de compost puede resultar caro, sobre todo en los cultivos menos rentables.

Como se decía antes, el impulso de la agricultura ecológica en la producción del compost de alperujos, abre las puertas a la comercialización de un compost de alta calidad elaborado a partir de residuos orgánicos. Es obvio que existe un extenso mercado potencial asociado a la aplicación del compost en el sector agrícola. Pero, hasta ahora, el desarrollo de esta actividad está muy limitado y adolece de una fuerte dicotomía en la opinión pública y en el sector agrícola. Generalmente la opinión pública considera que el compostaje y su aplicación agrícola es una alternativa favorable; mientras que la aceptación por los agricultores está limitada, ya que no siempre aprecian las ventajas del compost y a menudo dudan de la calidad y seguridad del producto. En el medio rural se ha ido a lo largo del tiempo forjando una línea de incorporación de las innovaciones tecnológicas por medio de los ensayos de demostración. Así se sugiere realizar este tipo de ensayos en los ámbitos siguientes:

1. Ensayos en horticultura y floricultura.- Constituyen uno de los principales mercados en Andalucía. El alto grado de intensificación y desarrollo de este tipo de cultivos va a exigir productos de alta calidad y garantía (granulometría fina, elevado grado de madurez, ausencia de metales pesados y contaminantes). El hecho de provenir estos compost de la actividad mas respetuosa con el medio ambiente como es la Agricultura Ecológica, va a poder favorecer su aceptación en estos sectores.
2. Las aplicaciones en jardinería y paisajismo supondrían el posible segundo nivel de exigencia y calidad (ausencia de olores y elementos inertes), existiendo una demanda creciente con un rango de usuarios que se abre desde los profesionales de este sector hasta los ciudadanos de a pie en su utilización domestica de estos productos³⁴.
3. La agricultura extensiva, dada la importancia que alcanza en Andalucía, podría ser una importante consumidora del compost que se elabore en las plantas andaluzas ecológicas de compost Pero, para ello, una importante línea de experiencias en este ámbito es necesaria, sobre todo para cultivos de peso en nuestra región, como además del olivar, pueden ser el de otros frutales, vid incluida, con hasta ahora menor tradición en el uso de compost

³⁴ Álvarez et al. 2004

4. Ensayos en viveros de planta ornamental, hortícola y forestal. En proyectos anteriores en lo que participó activamente la Consejería de Agricultura y Pesca³⁵ quedó claramente patente la capacidad de los compost de calidad en complementar o sustituir parcialmente a las turbas que se importan desde distantes lugares de origen y que por sus condiciones de extracción en muchos casos comprometen la avifauna de los humedales asociados a las turberas. Con costes entre un tercio y la mitad que esas turbas proporcionan estos compost de calidad, iguales o mejores ratios de desarrollo de las plantas³⁶.
5. Ensayos de aplicación de compost orgánico en trabajos de recuperación de terrenos marginales, improductivos, con problemas de fenómenos severos de erosión (regeneración de suelos y paisajes). Suele afirmarse que los compost, en general, son realmente efectivos en suelos pobres, siendo clara la respuesta vegetal. Se tratará pues de demostrar dicho efecto protector y su capacidad de gestación de suelo fértil sin contaminar, buscando las características de producto más adecuadas para este tipo de tarea.

Comentar en referencia a los precios admisibles por el mercado que la comercialización del compost ha de contemplar una serie de condicionantes que es necesario paliar. Los precios que puede tener el producto en principio no permiten un uso atractivo por los agricultores a no ser que reciban una subvención. Existe un caso ilustrativo en la Diputación Foral de Álava, por el que su Decreto Foral 84/1996 del 16 de julio, contempla ayudas a la utilización de residuos orgánicos compostados en la fertilización de tierras de cultivo, con una prima anual por Ha de hasta 91,35 € (15.200 Ptas.) no superando en ningún caso el 80% de la factura de compra de productos compostados).

Las experiencias realizadas demuestran que un precio de 15 € / Tm (2,5 Ptas./Kg.) puede ser asumible para cultivos de alto valor añadido como podría ser el caso del viñedo, remolacha o patata. Estos precios no incluyen el transporte, que sería a cargo de los propios agricultores, por lo que es necesario que la aplicación del producto se realice a una distancia razonable del lugar de producción.

Para el caso de su uso como complemento de substratos como la turba, los precios oscilan en torno a los 21 €/ m³ (3.500 Ptas./ m³) para la compra a granel, precio que se puede incrementar hasta 600 €/t (100 Ptas./Kg.) en el caso de venta al por menor en grandes superficies y tiendas especializadas.

³⁵ Álvarez et al. 2004

³⁶ Álvarez et al., 2001; Chong, 2001; (Miller, 2004; Atzman, 1997; Rainbow, 2003; Danielson et al., 2005

Promoción

Se puede adoptar por parte del Centro como objetivo prioritario el de promover la información adecuada a todos los posibles sectores usuarios más arriba definidos ante estos problemas de posible arranque de implantación del compost ecológico en el mercado agrario. Se haría énfasis en la conveniencia de la utilización de abonos orgánicos, venciendo las reticencias anteriormente citadas, ya que las experiencias emprendidas han demostrado que este es uno de los factores fundamentales a la hora de conseguir su uso generalizado.

Por otro lado, sería además recomendable la implicación de los agricultores ecológicos en la producción de compost y empleo de materia orgánica, ya que de esta manera se mantendría esta conciencia en el establecimiento de los niveles de calidad. En esta misión, el Centro Tecnológico del Compost incorporaría a otras instituciones públicas, sindicatos agrarios y cooperativas a través de ensayos, campañas de concienciación, etc.

Innovación, Investigación y Desarrollo I+D+I

Hay preguntas pendientes de responder en el co-compostaje o compostaje conjunto de alperujos, algunas de las cuales ya se han mencionado, y que pueden ser susceptibles de cristalizar en posibles proyectos o iniciativas de I+D+I.

- Desarrollo de sistemas de presecado de orujos de dos fases para su co-compostaje.- Actualmente en el sistema de pilas volteadas, hay que realizar un secado previo del orujo de dos fases que coincide con épocas de precipitación, por lo que este proceso se dificulta y es preciso optimizarlo para evitar exceso de lixiviados.
- Desarrollo de sistemas de mezclado de alperujos con agentes de aireación para su compostaje conjunto.- Asimismo, el mezclado de alperujo, hojín y estiércol que se está realizando en este momento en las plantas de compostaje (con el propio equipamiento de volteo de las pilas de compost) puede mejorarse con una tecnología más apropiada.
- Desarrollo de sistemas de valorización de efluentes.- La acumulación de aguas con diferentes grados de riqueza en materia orgánica durante el proceso puede ser utilizada para el riego de las pilas o montones de compost y también para la producción de abonos líquidos tanto para su aplicación foliar como en el suelo.
- Sistemas óptimos de forma de aplicación de compost- Ya se mencionó específicamente con anterioridad que en el olivar está pendiente de definirse las opciones idóneas de aplicación del compost tanto en laboreo como en no-laboreo. Sería conveniente asimismo dar seguimiento a las aplicaciones en campo que se llevan haciendo desde hace años para verificar la mejora de suelo y olivar.

- Planeamiento de localización de plantas de compostaje.- El empobrecimiento de los suelos en materia orgánica, como consecuencia del laboreo intensivo y uso desproporcionado de fertilizantes inorgánicos es un hecho que afecta en la actualidad a amplias zonas de Andalucía. Asimismo, en determinadas comarcas la contaminación de los acuíferos con nitratos por ese uso excesivo de abonos químicos, ha hecho sonar la alerta también en el olivar sobre esta práctica. El mantenimiento de un nivel adecuado de materia orgánica en el suelo puede disminuir ese riesgo de contaminación de los acuíferos con nitratos. Esto es debido, como ya se ha mencionado, a que la población de microorganismos que la materia orgánica propicia en el suelo durante su descomposición actúa con un efecto regulador de los exceso de Nitrógeno mineral aportado por fertilización inorgánica al mismo, al ser este elemento muy apetecido por esa población³⁷. Una herramienta útil para evitar el aumento o disminuir el riesgo de contaminación de nitratos de los acuíferos en zonas vulnerables estaría vinculada a una apropiada y controlada enmienda orgánica de compost³⁸ maduro de calidad³⁹. Sería una acción asumible y prioritaria para este posible Centro del compost, la formulación de un Plan estratégico territorial para la promoción de la implantación de este tipo de planta de valorización de residuos orgánicos para su uso como enmienda orgánica en las comarcas más vulnerables.
- Rango de dosificaciones recomendable por cultivo / tipo de suelo / zona vulnerable a la contaminación de acuíferos por nitratos.- Considerando la actual definición de estas zonas vulnerables, y para que la enmienda orgánica con compost de calidad mantenga al suelo en sus niveles idóneos de M.O., sería preciso definir un rango de dosificaciones según cada zona vulnerable, que dependería de la textura del suelo, el tipo de cultivo, la temperatura y el aporte de agua al mismo (este estudio podría ampliarse, si así se considerase, a la producción integrada y convencional y al resto de la tipología de compost definidos por la legislación en vigor).
- Estudio de la capacidad de fijación de Carbono.- Se evaluará la capacidad de fijación de CO₂ mediante el compostaje de alperujos y se comparará con la de su actual valorización energética. A priori parece más noble la primera, pero aún se carece de datos referente a esta comparación en nuestra Comunidad Autónoma.

³⁷ Hadas et al., 1996 .

³⁸ Sikora L et al., 1996.

³⁹ Díez et al., 1995.

- Bibliografía

Abate, A., 1996. Experiencias de compostaje de algunos subproductos del olivo en Salento. Seminario Internacional sobre el tratamiento y reciclaje en agricultura de los subproductos de la industria oleícola. Lecce 1996.

Aguilar, F.J., González, P. 1998. Utilización agrícola de compost de residuos sólidos urbanos en cultivos leñosos de la provincia de Córdoba. Comunicación I + D 26/98. Direc. Gral. de investigación y formación agraria. Junta de Andalucía, Sevilla.

Aguilar, M.A., Ordóñez, R., González, P., 2003. Utilización de compost de lodos de depuradora en olivar. Serie olivicultura y elaiotecnia. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía, Sevilla.

Albarrán, A., Celis R., Herмосín, M.C., López-Piñeiro, A., Cornejo, J. 2002. Efecto de la adición de alperujo en la adsorción, lixiviación y biodegradación de Simazina en el suelo. Jornadas de investigación y transferencia tecnológica al sector oleícola. Córdoba 2002. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. CSIC. Sevilla, Universidad de Extremadura. Badajoz.

Alianiello, F., 1996. Efecto del suministro de alpechín según las características químicas y bioquímicas del suelo. Instituto Experimental para la nutrición de las plantas. Roma. Seminario Internacional sobre el tratamiento y reciclaje en agricultura de los subproductos de la industria oleícola. Lecce 1996.

Álvarez, J., Del Campo, A., Sancho, F., 2001. Research and Technological development of composting processes and its application in the agriculture and forest fields. Proceedings of the 2001 International Conference Orbit on Biological processing of waste: a product-oriented perspective. Spanish Waste Club and ORBIT Association, Sevilla, Part I : 107-113.

Álvarez, J., Sánchez, A., 2002. El tratamiento de los residuos procedentes del olivar y su aplicación como abono orgánico en agricultura ecológica. Jornadas de investigación y transferencia tecnológica al sector oleícola. Córdoba 2002. Egmasa Consejería de Medio Ambiente Junta de Andalucía.

Álvarez, J., Kerner, A., 2004. Broadening compost use in southern Europe, Octubre 2004. Biocycle. Pennsylvania USA.

Alonso A., Guzmán, G., 2004 Cultivo del olivar en agricultura ecológica. Material divulgativo para agricultores. Instituto de Sociología y Estudios Campesinos, Universidad de Córdoba, España. Comité Andaluz de Agricultura Ecológica.

Alonso, A., Guzmán, G., 2005. Manual de Olivicultura ecológica Consejería de Agricultura y Pesca Junta de Andalucía.

Amirante, R., Montel, G.L., 1997. Resultados experimentales y aspectos legislativos y tecnológicos subproductos de la extracción de aceite. Ecoliva 97 I Jornadas Mediterráneas del olivar ecológico. 162-173.

Amirante, R., Montel, G.L., 1998. Tecnología e implantación para el compostaje. Ponencia del estudio "El compostaje en el ámbito agrícola, promoción del compost en agricultura biológica". Instituto Agronómico Mediterraneo Bari Italia.

Aragón, J.M., Palancar, M.C., 2000. informe final. Improlive 2000. Presente y futuro del alperujo. mejora de los tratamientos y validación del residuo sólido-líquido de la extracción en dos fases del aceite de oliva. 251-268. Universidad Complutense Madrid.

Aranda, E., Sanpedro, I., Ocampo, J.A., García-Romera, I., 2002. Reducción de la fitotoxicidad del extracto acuoso de alperujo en plantas de tomate mediante el uso de *Fusarium lateritium*. Jornadas de investigación y transferencia tecnológica al sector oleícola. pp: 233-236. Córdoba 2002. Dpto. Microbiología del Suelo y Sistemas Simbióticos, Estación Experimental del Zaidín, CSIC, Granada.

Atzman, N., Wiesman, Z., Fien, P., 1997. Biosolids improve rooting of bouganvillea cuttings. J. Environ. Hortm 15 1-15.

Balis, C., Antonakou, M., 2000. Compostaje y bioremediación: crecimiento mejor de plantas. IMPROLIVE 2000. Presente y futuro del alperujo. Mejora de los tratamientos y validación del residuo sólido-líquido de la extracción en dos fases del aceite de oliva. 167-172 Universidad de Harokopio.

Barreto, C., Rozas, M^a A., López - Piñeiro, A., Nunes, J.M., García, A. 2000. Efectos de la aplicación de residuos de almazara en el Fósforo asimilable y otras propiedades edáficas de un olivar en regadío. Edafología. 7:29-38.

Benítez, C., Gil, J., González, J.L. 2000. Influencia de la humedad en la evolución de parámetros químicos de un suelo tras la adición de alperujo Edafología. 7:215 – 221.

Cabrera F., Madejón E., Romero A.S., López R.. 2002. Diagnostico y estudio de alpechines, orujos y alperujos. Jornadas de investigación y transferencia tecnológica al sector oleícola. Córdoba 2002. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. CSIC.

Cabrera, F.; Moreno, F.; Murillo, J.M.; Ortega, J.J.; López, R.; Fernández, E.; Madejón, E.; Madrid, F.; Burgos, P.; Pérez, A. 2000. Recuperación mediante inmovilización in situ de suelos contaminados con metales pesados por el vertido de Aznalcóllar. Pyto. REN-2000-0662.CSIC.

Catalano L., Chiumenti R., Da Boroso F., De Nobili M.. 2001. Olive wastes and composted husks: effects on microbial biomass of soils with a different content of organic carbon. Orbit 2001. Biological processing of waste: a product oriented perspective. Sevilla. University of Udine Italy.

Cegarra, J., 1997. Elaboración y uso agrícola de abonos obtenidos a partir de residuos de almazara. 116-121. Ecoliva 97 I Jornadas Mediterráneas del olivar ecológico. C.E.B.A.S. Murcia C.S.I.C..

Cegarra, J., 2005 Informe final sobre fabricación de abono orgánicos mediante compostaje de orujo de oliva de dos fases. Aceites Guadalentín S.L. Pozo Alcon -Cebas CSIC Murcia.

Chong, C., 2001. Can I use municipal waste compost in my propagation media? University of Guelph. Ontario. Canada. Combined Proceedings InTm Plant propagators Society. Volume 50, 290-295 2001.

Cornejo J., Cox L., Celis R., Calderón MJ, .Facenda G.. 2002. Efecto de la adición de alperujo en la disminución de la contaminación de aguas superficiales y subterráneas por uso de herbicidas.0 en el olivar. Jornadas de investigación y transferencia tecnológica al sector oleícola. Córdoba 2002.. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. CSIC.

Danielson, H. E., Wilson, S.B. Schoelhorn, R.K., Stoffella, P.J., 2005 International Plant Propagators' Society, combined proceedings 2004, 54: 637-642. 2005.

Díaz, M.J., 1999. Procesos de co-compostaje de vivaza y tres residuos agroindustriales. TMD. Universidad de Sevilla 1999.

Díaz, M.J., Madejón, E., Ariza, J., López, F., López, R., Cabrera, F., 2001. Co-composting of vinasse and olive pressed cake. Differences between composting systems. Orbit 2001. Biological processing of waste: a product oriented perspective. Sevilla. Universidad de Huelva. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. CSIC.

Díaz, M.J., Madejón, E., Cabrera, F.. 2001. Kinetic of co-composting of vinasse and three agroindustrial residues. Influence of vinasse amounts. Orbit 2001. Biological processing of waste: a product oriented perspective. Sevilla. Universidad de Huelva. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. CSIC.

- Diez, et al., 1995. Control of nitrate pollution by application of controlled release fertilizer(CRF), compost and an optimized irrigation system..Fertil. Res. 43(1/3), 191-195.
- Ferreira, J., Trinidad, L.,1996. Fertilización del Olivar en Agricultura Biológica. Joaninha nº 51. Associação Portuguesa de Agricultura Biológica. Ecoliva 98 II Jornadas Mediterráneas del olivar ecológico.
- García, A., Giraldes, J.V., González, P., Ordóñez, R.,1995. El riego con alpechín una alternativa al lagunaje C.A.P. Junta de Andalucía Comunicación I+D Agroalimentaria 17/95.
- García, A., Frias L., 1995. El empleo de alpechín y orujos húmedos. Estación experimental de Olivicultura y Elaiotecnia Mengibar Jaén. C.A.P. Junta de Andalucía. Comunicación I+D Agroalimentaria 18/95.
- Giannoutsou, E., Karagouni, A., 2000. Residuos del aceite de oliva: ¿podría ser la fermentación microbiana la solución?. IMPROLIVE 2000. Presente y futuro del alperujo. Mejora de los tratamientos y validación del residuo sólido-líquido de la extracción en dos fases del aceite de oliva. 177-182. Universidad de Atenas.
- González, P., Ordóñez, R., Giráldez, J.V., García- Ortiz, A., Polo, M.J., Romero, A. 2003. Aplicación agrícola de residuos de almazaras con el sistema de dos fases. En: XI Symposium Internacional del aceite de oliva. Expoliva 2003. OLI-13.
- Gray, K.R. et al. 1971 review of composting II. The practical process. Biochemistry 6 (October) ; 22-28.
- Hadas et al., 1996 Mineralisation of composted manure and microbial dynamics in soil as affected by long term nitrogen management. Soil Biol.Biochem 28(6) 733-738.
- Leege,,P.B.,1996. Compost facility operating guide.Science of composting. (Ed. De Bertoldi,M.,Sequi, P., Lemmes, B. Y Papi, TM) Blackie Academic and Professional,London, Vol I pp:126-136.
- López, R., 1992. Efectos sobre el suelo y los cultivos de de la aplicación de vinaza de remolacha y compost de alpechin. TMD. Universidad de Sevilla.
- López, A., Ramírez, R., 2002. Obtención de Compost y Extractos Húmicos a partir de alperujo. Jornadas de investigación y transferencia tecnológica al sector oleícola. Córdoba 2002. FAECA, Consejería de Agricultura y Pesca Junta de Andalucía.

López, R., Álvarez, J.M., Madejón E., Cabrera F.. 2005. Red de ensayos demostrativos del Proyecto Life-compost II Congreso Internacional sobre bioresiduos y compost Sesión Aplicación de los productos finales. Octubre 2005. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía-ACRR-ISR CER. Sevilla.

Madejón, E., Galli, E., Tomati, U., 1998a. Composting of wastes produced by low water consuming olive mill technology. *Agrochimica* 42,173-183.

Madejón, E., Galli, E., Tomati, U., 1998b. Biorremediation of olive mill pomaces for agricultural purposes. *Fresenius Environmental Bulletin* 7, 873-879.

Martínez, G., Giraldez, J.V. y Ordóñez R., 2004. Evolución temporal del madurado de alperujo procedente de almazara. E.TMS.I.M.A. Universidad de Córdoba.

Martínez, G., Carbonell, R., Giraldes, J.V. y Ordóñez, R., 2005. Degradación y transformación de subproductos de almazara en procesos de co-compostaje y aplicación como enmienda orgánica. Universidad de Córdoba-C.I.F.A Alameda del Obispo- IAS CSIC. II Congreso Internacional sobre bioresiduos y compost Sesión Aplicación de los productos finales. 2005. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía-ACRR-ISR CER. Sevilla.

Martínez, J., 2002. Informe final Proyecto FEDER 1 FD1997-1071 Utilización del hongo *Ligninolítico Phanerochate flavido-alba* para el reciclado de los residuos de las almazaras y lignocelulósicos. Departamento de Microbiología de la Facultad de Farmacia. Universidad de Granada- EGMASA Sevilla.

McKinley, V.L. et al., 1985 Microbial activity in composting(II). *Biocycle* 26 (10) 47-50.

Melgar, R., 2003. Posibilidades de valoración agrícola de subproductos generados por la agroindustria del olivar. Tesis doctoral Universidad de Granada. 221pp.

Melgar, R., Álvarez, H., Nogales, R., 2003. Potencialidad del compost y vermicompost de alperujo para reducir la infección de semillas de guisante por *Pythium ultimum*: Resultados preliminares. En: XI Simposium Internacional del aceite de oliva. Expoliva 2003. OLI-21.

Miller M.L., 2004. Using compost succesfully in propagation systems. Proc. IS on Growing media. AcTmHorTm412-415 ISHS 04.

Montel G., 1996. Aceite biológico en Italia. Seminario Internacional sobre el tratamiento y reciclaje en agricultura de los subproductos de la industria oleícola. Lecce 1996.

Nogales, R., Gómez, M., Benítez, E., Calmet, A., Elvira, C., 1997. El vermicompostaje como tratamiento biológico para la revalorización de los subproductos generados por la industria del olivar. Resultados preliminares. 124-135. Ecoliva 97 I Jornadas Mediterráneas del olivar ecológico.

Nogales, R., Melgar, R., Gómez, M., Polo, A., Benítez, E., 2002 El vermicompostaje como vía para la valorización agrícola de los subproductos generados por la industria del olivar. Jornadas de investigación y transferencia tecnológica al sector oleícola. Córdoba 2002. Estación Experimental del Zaidín. CSIC. Granada.. Centro de Ciencias Medioambientales. CSIC. Madrid.

Ordóñez, R., Romero, A.M^a., Polo, M^a.J., Giráldez, J.V., González, P., 1998. Aplicación de alperujo en suelos: Dinámica de los principales nutrientes aportados. XVI Congreso Nacional de Riegos, Palma de Mallorca: 157-164.

Ordoñez, R., González, P., Giráldez, J.V., García - Ortíz, A., 1999. Efecto de la enmienda con alperujo sobre los principales nutrientes de un suelo agrícola. Estudios de la zona no saturada. Eds. R. Muñoz-Carpena, A. Ritter, C. Tascón. ICIA.

Rainbow, A., 2003. The Peatering out ProjectM Combined Proceedings InTm Plant propagators Society. Volume 53, 2003.

Pastor, M., Castro, J., Saavedra, M., Humanes, M^a. D., Pajaron, M., Civantos, M., Alvarado, M., Caballero, J.L., 1999. Cultivo de olivar en zonas de especial protección ambiental. Direc. Gral. de Investigación y formación agraria Junta de Andalucía.

Poincelot, R.P., 1974. A Scientific Examination of the Priciples and Practices of Composting. Compost Sci. 15 (Summer) : 24-31.

Principi, P., Zucchi, M., Ranalli, G., Zanardini, E., Sorlini, C., 2001. Microbiological monitoring of olive husk composting. Orbit 2001. Biological processing of waste: a product oriented perspective. Sevilla. University of Molise Italy.

Romero, A. M^a., Ordóñez, R., Giráldez, J.V., 1998. Variación de las características físico-químicas de varios suelos enmendados con alperujo. IV International Congress of ProjectEnineering, Córdoba, 1316-1324.

Rafols, W., 1963 Aprovechamiento industrial de los productos agrícolas. Ed. Salvat Madrid p 1283.

Romero, A. M^a., Ordóñez, R., Giráldez, J.V., 1998. Variación de las características físico-químicas de varios suelos enmendados con alperujo. IV International Congress of ProjectEnineering, Córdoba, 1316-1324.

Romero, A-S., 2001. Diagnostico y estudio de los diferentes sistemas de gestión de alpechines, orujos y alperujos en las almazaras: características de los residuos. XXXVIII Curso Internacional de edafología y biología vegetal. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. CSIC.

Rosa, M.F., Bartolomeu, M.L., Baeta-Hall, L., Saagua, M.C., 2001. Olive oil husk composting in static aerated pile plants. Orbit 2001. Biological processing of waste: a product oriented perspective. Sevilla. INETI Lisboa Portugal.

Russell, N.J., 2000. Bacterias en el compost de alperujo: su identificación mediante técnicas bioquímicas y biología molecular. IMPROLIVE 2000. Presente y futuro del alperujo. Mejora de los tratamientos y validación del residuo sólido-liquido de la extracción en dos fases del aceite de oliva. 160-166. Wye College. University of London.

Sánchez, A., 2000. Compostaje de subproductos de almazaras con sistemas de dos fases. Ecoliva 2000. IV Jornadas Mediterráneas del olivar ecológico.

Senesi, N., Brunetti, G., 1966. Calidad química y utilidad agronómica de la materia orgánica del residuo olivarero. Instituto de Química Agraria Bari Italia. Seminario Internacional sobre el tratamiento y reciclaje en agricultura de los subproductos de la industria oleícola. Lecce 1996.

Shumann et al.,1993. relationship of tradidional parameters of compost stability to turfgrass quality. Environ. Tecchnol. 14 (3):257-263.

Sikora, L., et al.,1996. Soil organic matter mineralization after compost amendement Soil Sc. Soc. Am. J60 1401-1404.

Tomati, U., Madejón E., Gall E., Cegarra J., Roig A. 1998. Los abonos preparados a partir de subproductos del olivo en la agricultura biológica. Ecoliva 98. II Jornadas Mediterráneas del olivar ecológico.

OTROS DOCUMENTOS DE INTERÉS

Tirado M..1991 El cultivo del olivo con "Adexal". Aporte De Extracto de Alpechin.

EcopesTm 1998. Depuración biológica de alpechines y su reciclado en abonos orgánicos sólidos y líquidos.

Proyecto de aprovechamiento energético de biomasa del olivar. Planta Vetejar.

Ghesa Ingeniería y Tecnología.

Baca TM Informe de desarrollo y control de un proceso de compostaje en Safarretama.
Tercampost Consultores.

D. Linik
Consultora
Apdo. 177, 41089 Montequinto

Sevilla 31/05/2006