

# RETEMA

Revista Técnica de Medio Ambiente

20 años  
1987-2007

Nº 121 ESPECIAL BIOMASA 2007



**ESPECIAL BIOMASA,**  
Y SUS DISTINTAS VALORIZACIONES



## Viabilidad del proceso de compostaje del orujo de oliva de dos fases ("Alperujo"), principal subproducto de la industria oleícola en España

### 1. INTRODUCCIÓN.

La industria extractiva del aceite de oliva en España, principal país productor a nivel mundial, posee una gran importancia económica y social. Este sector se caracteriza por una alta producción de residuos y subproductos de naturaleza orgánica, siendo el orujo de oliva de dos fases o "alperujo" el principal de ellos

José Antonio Albuquerque,  
Germán Tortosa,  
Juan Cegarra.  
CEBAS - CSIC

desde la implantación generalizada en las almazaras españolas del sistema de centrifugación de dos fases. En los últimos años y ante la

necesidad de soluciones viables, se ha realizado un gran esfuerzo de investigación a la búsqueda de métodos para la correcta gestión de este subproducto desde un punto de vista técnico y económico.

El compostaje, definido como un bioproceso aeróbico manejado bajo condiciones controladas, permite obtener productos finales utilizables en agricultura, eliminando de este modo el posible impacto



ambien  
y mejor  
ceso pr  
cola de  
En e  
forma r  
tenidos  
tigación  
perujo  
fue des  
postaje  
cas de  
tratam  
tener u  
no tóx  
zado c  
orgáni  
se pre  
tiva vi  
del alj

### 2. CA ALP

Co  
de co  
teriza  
ducto  
aptitu  
ciánc  
agua  
cido  
re un  
sólid  
truct  
para  
E  
más  
res  
trica  
orga  
te p  
losa  
con  
tróg  
laci  
baj  
nut



ambiental de los residuos tratados y mejorando la viabilidad del proceso productivo (valorización agrícola del residuo).

En este artículo se exponen de forma resumida los resultados obtenidos por nuestro grupo de investigación sobre el compostaje del *alperujo*. Nuestro principal objetivo fue desarrollar una técnica de compostaje acorde con las características del *alperujo*, que permitiera su tratamiento y reciclado, a fin de obtener un producto final estabilizado, no tóxico y susceptible de ser utilizado como enmendante y/o abono orgánico del suelo. El compostaje se presenta aquí como una alternativa viable para la correcta gestión del *alperujo*.

## 2. CARACTERÍSTICAS DEL ALPERUJO.

Como tarea previa a los ensayos de compostaje, se realizó la caracterización agroquímica del subproducto con el fin de determinar su aptitud para ser compostado, apreciándose un elevado contenido en agua (Tabla 1), que junto a su reducido tamaño de partícula, le confiere una escasa consistencia como sólido y por tanto una deficiente estructura física y una limitada aptitud para la aireación.

El *alperujo* se caracterizó además por presentar moderados valores de acidez y conductividad eléctrica y un gran contenido de materia orgánica, constituida principalmente por lignina, celulosa y hemicelulosa. Mostró igualmente un alto contenido en potasio, menor de nitrógeno y una descompensada relación carbono/nitrógeno, así como bajo contenido de fósforo y resto de nutrientes. Cabe destacar la ausen-

Tabla 1. Composición del alperujo (AL, valor medio sobre 20 muestras).

Parámetros (sobre materia seca)	AL
Humedad (% sobre materia fresca)	64,0
pH <sup>1</sup>	5,3
Conductividad eléctrica <sup>1</sup> (dS/m)	3,42
Materia orgánica (%)	93,3
Lignina (%)	42,6
Relación Carbono/Nitrógeno	47,8
Nitrógeno total	1,14
Fósforo (%)	0,12
Potasio (%)	1,98
Hierro (mg/kg)	614
Cobre (mg/kg)	17
Manganeso (mg/kg)	16
Cinc (mg/kg)	21
1:10 (p/v).	

cia de metales pesados, lo que incrementa su valor como sustrato de compostaje y la calidad de los productos finales obtenidos.

El *alperujo* es rico en compuestos de naturaleza fenólica y lipídica lo que se asocia con su carácter tóxico, actuando el proceso de compostaje como un método idóneo

para eliminar esta característica negativa del *alperujo*.

## 3. IMPORTANCIA DE LOS AGENTES ESTRUCTURANTES.

Teniendo en cuenta su deficiente estructura física lo que se traduce en una escasa porosidad, es necesario acondicionar el sustrato de compos-





taje mediante la adición de agentes estructurantes al *alperujo* para favorecer la aireación del mismo y un correcto desarrollo del proceso. Estos agentes también contribuyen a equilibrar el contenido de nutrientes del *alperujo* y aportar inóculos microbianos y materia orgánica generalmente más fácilmente asimilable.

Se muestrearon y analizaron numerosos materiales orgánicos residuales, considerando a tal fin su disponibilidad, coste y cercanía a las zonas de producción de aceite de oliva de modo que su repercusión en los costes de producción fuese mínima. Los materiales evaluados como agentes estructurantes en los

Tabla 2. Composición inicial (AL: alperujo, RA: residuo de algodón, RU: raspajo de uva, HO: hoja de olivo, EV: estiércol vacuno, CA-3: compost maduro pila 3, EC: estiércol de caballo y EO: estiércol ovino), peso y manejo de las pilas de compostaje.

Mezclas	Composición (%)		Peso de las pilas (kg)	Total de volteos	Ventilación forzada
	Peso fresco	Peso seco			
Pila 1	92,6 AL1 + 7,4 RA	(80/20)	2700	1	Si
Pila 2	94,6 AL2 + 5 RU + 0,4 urea	(87/12/1)	2600	3	Si
Pila 3	64,6 AL2 + 5 HO + 0,4 urea	(87/12/1)	2600	3	Si
Pilas 4 y 5	90 AL3 + 9 EV + 1 CA - 3	(87/11/2)	4000	14	5(No) 6(Si)
Pila 6	91 AL4 + 9 EC	(85/15)	10000	19	No
Pila 7	65 AL5 + 35 EO	(65/35)	20000	7	No

ensayos de compostaje fueron residuo de algodón, raspajo de uva, hoja de olivo y distintos estiércoles (vacuno, de caballo y ovino).

#### 4. ENSAYOS DE COMPOSTAJE.

La optimización del proceso de compostaje mediante la adición de un agente estructurante, junto a la adecuada aireación de los sustratos condujo a la obtención de productos finales estabilizados, no tóxicos y susceptibles de ser utilizados como enmendantes y/o abonos orgánicos del suelo.

Se realizaron numerosos ensayos de compostaje en sucesivas etapas de experimentación (Tabla 2), inicialmente a escala de planta piloto manejando mezclas de entre 2.600 y 4.000 kg., y finalmente a escala semi-industrial con mezclas de 10.000 y 20.000 kg. de peso.

Se estudió la influencia del tipo de agente estructurante empleado en las mezclas, el sistema de aireación utilizado (ventilación forzada, volteos mecánicos periódicos o la combinación de ambos sistemas) y el ajuste de la relación carbono/nitrógeno en las mezclas iniciales. Durante el proceso de compostaje se controló la temperatura, humedad y aireación de los sustratos, y se tomaron muestras con el fin de seguir su evolución (fracción hidrosoluble, fracción orgánica, fracción húmica, índice de germinación, etc.).

#### 5. EVOLUCIÓN DEL PROCESO.

La adición del agente estructurante fue decisiva, ya que cuando ello no mejoró suficientemente la estructura física de las mezclas, el proceso de compostaje fue afectado negativamente a pesar de utilizar la ventilación forzada. De este



modo el empleo de raspajo de uva y sobre todo de hoja de olivo se tradujo en retraso del inicio del proceso debido a la excesiva compactación de los sustratos, lo que dificultó la aireación de los mismos y ralentizó el compostaje del alperujo.

Los volteos siempre resultaron eficaces y decisivos en las mezclas con deficiente estructura física, debido a la homogenización, redistribución de agua, nutrientes y microorganismos, y a la mejora en las condiciones de oxigenación de los sustratos. Los estiércoles fueron los mejores acondicionadores del alperujo, ya que mejoraron suficientemente la estructura física de las mezclas, inocularon las mismas y aportaron materia orgánica y nutrientes fácilmente asimilables.

El sistema de pila estática no resultó siempre eficaz, dados los problemas de aireación relacionados con la compactación de los sustratos, por lo que en todos los casos se tuvo que recurrir a volteos mecánicos.

La evolución del compostaje se caracterizó por un importante incremento en los valores de pH, indicativo de unas adecuadas condiciones de aireación, y un claro descenso de la fracción orgánica hidrosoluble (especialmente de los carbohidratos), demostrativo de su alta asimilabilidad y disponibilidad a los procesos degradativos microbianos.

Se observaron además importantes pérdidas de materia orgánica durante el proceso de compostaje del alperujo, si bien de forma más lenta que para otros sustratos de compostaje (estiércoles, residuos sólidos urbanos y lodos de depuradora).

## Tecnologías de vanguardia para la valorización de los residuos orgánicos



**seko**  
Quality & Technology Made in Italy

*Eco Line Division*

• **BIO TRITURADORAS EN CICLO CONTINUO** de alta productividad, para trituración rápida y perfecta de residuos orgánicos y de madera

### la gama más exclusiva de equipos para el reciclaje y compostaje de los residuos orgánicos



• **BIO TRITURADORAS MEZCLADORAS**  
Para el pre-tratamiento y reducción volumétrica de los residuos verdes y biológicos



• **VOLTEADORAS AUTOPROPULSADAS**  
Para el volteo de la biomasa y para la estabilización del estiércol



• **TAMICES DE SELECCIÓN DE TAMBOR**  
Para la pre-selección de residuos y la refinación final del compost

TRACO IBERIA S.L. 28700 SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES (MADRID)  
Tel 90 21 02 042 - Fax 91 65 15 607 - E mail: ALAURET@tarsusnet.com

SEKO S.p.A. Italy - Tel +39 049 9699888 - Fax +39 049 9620403 - www.sekospa.com



La relación carbono/nitrógeno disminuyó a lo largo del proceso, mostrando valores finales relativamente altos aunque acordes con la importante fracción de lignina remanente en los composts obtenidos. El contenido de nitrógeno aumentó, debido al efecto de concentración provocado por las pérdidas de carbono, y fue de naturaleza predominantemente orgánica en los composts maduros.

El importante descenso de las componentes fenólica y lipídica propició la detoxificación de los sustratos, tal y como indicaron los valores finales del índice de germinación (> 50%). El aumento de la capacidad de intercambio catiónico y la evolución de los índices de humificación también indicó una progresiva estabilización de los materiales compostados, con la

formación de sustancias policondensadas de estructura compleja y homologable a los ácidos húmicos.

Los parámetros que registraron cambios más importantes durante el compostaje y más indicativos de la evolución del mismo, fueron la temperatura, el pH, la pérdida de materia orgánica y el índice de germinación, debiéndose recomendar su seguimiento para el manejo correcto del proceso.

#### 6. CARACTERIZACIÓN AGROQUÍMICA DE LOS COMPOSTS.

Los composts obtenidos (Tabla 3) mostraron pH alcalino (>8.5), moderado contenido salino y gran riqueza en materia orgánica constituida principalmente por lignina, así como de potasio y nitrógeno

(este último mayoritariamente en forma orgánica). También se caracterizaron por su reducido contenido graso y de polifenoles hidrosolubles, elevados índices de germinación (material no fitotóxico) y parámetros característicos de un material maduro (capacidad de intercambio catiónico, índices de humificación, etc.).

Su valoración agronómica demostró la ausencia de fitotoxicidad en los mismos, la escasa disponibilidad a corto plazo del nitrógeno que contienen debido a su naturaleza orgánica y la resistencia de su materia orgánica a los fenómenos de degradación edáfica.

#### 7. CONCLUSIONES.

La importancia de la industria extractiva del aceite de oliva, su importante desarrollo y los cambios tecnológicos experimentados por la misma en las últimas décadas han provocado que la gestión de los residuos y subproductos generados por este sector industrial sea de gran interés en España.

La industria oleícola española genera actualmente como principal subproducto el orujo de oliva de dos fases o *alperujo*, el cual se aprovecha principalmente para la generación de energía. Sin embargo, la transformación de este subproducto en abonos y enmiendas orgánicas mediante compostaje constituye una alternativa viable que puede resultar económicamente rentable para el sector.

El compostaje de *alperujo* a escala industrial no exige un grado de tecnificación importante y basta el empleo de volteos periódicos para manejar correctamen-



Tabla 3. Principales características de los composts de alperujo (n=7).

Parámetros (sobre materia seca)	Media	Rango
pH (1:10 p/v)	8,7	8,4-9,0
Conductividad eléctrica (dS/m, 1:10 p/v)	3,74	1,69-5,92
Materia orgánica (%)	79,4	56,1-91,2
Lignina (%)	40,3	37,5-43,0
Relación Carbono/Nitrógeno	18,0	13,5-22,5
Nitrógeno total (%)	2,36	1,86-2,63
Fósforo (%)	0,18	0,15-0,23
Potasio (%)	3,19	1,28-4,27
Índice de germinación (%)	82,4	74,3-96,2



te el proceso. El compost de *alperujo* es muy rico en materia orgánica de lenta biodegradación y contiene abundante potasio y nitrógeno, si bien este último resulta lentamente disponible para los cultivos a corto plazo. Puede emplearse bien como enmendante orgánico que actúa principalmente sobre las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, o como abono, contribuyendo a la nutrición mineral de las plantas. El abanico de posibilidades que ofrece el empleo de este compost es importante, cubriendo sectores de explotación y aplicación tales como cultivos ecológicos y

de invernadero, el propio cultivo del olivo, técnicas de biorremediación y control de la erosión, aplicación en parques y jardines, etc.

Una vez demostrada la viabilidad del proceso de compostaje, nuestro grupo ha desarrollado una amplia labor de divulgación de resultados en foros nacionales e internacionales, a la vez que se han abierto nuevas líneas de investigación. Entre ellas, cabe destacar las iniciadas para mejorar la calidad de los productos obtenidos tales como el enriquecimiento en nutrientes minerales de los composts de *alperujo*. Tam-

bién se está propiciando la apertura de nuevas líneas de trabajo que permitan preparar futuros productos comerciales basados en la solubilización de compuestos húmicos a partir de los composts de *alperujo*, que puedan competir en el mercado de agroquímicos con otros abonos líquidos de parecida naturaleza. Cabe añadir finalmente, que se ha utilizado el proceso de compostaje de *alperujo* para tratar otros residuos industriales de carácter lipídico y de origen animal, que presentan grandes dificultades de gestión a las empresas productoras de este tipo de materiales residuales.

## TRITURADOR HAAS MODELO HDWVD 700-1500

### MÁQUINA NUEVA



### DATOS TÉCNICOS

- Motor Diesel Cat C9
- Engrase centralizado
- Banda de salida
- Mando a distancia
- Multi-lift
- Contracuchilla
- Ejes de trituración 4 el.discos 7/6
- Sistema IFM
- Instalada sobre marco base

- Imán de altura regulable.
- 4 Programas de trituración ( madera, voluminosos,colchones y verde)
- Eje con ruedas, barra de enganche.
- Sistema " Clean-fix"
- Prolongación de los 3 laterales de la tolva.
- Garantía de 1 año equivalente a 1.000 horas de trabajo.
- Disponemos de servicio técnico y recambios .



Tel: 902 999 344

[WWW.UNORECICLAJE.COM](http://WWW.UNORECICLAJE.COM)

Nos reservamos el derecho de venta en el interin.