

18/91

CONGRESOS Y JORNADAS



reunión  
internacional  
sobre:

# TRATAMIENTO DE ALPECHINES

Córdoba  
31 mayo 1 Junio



**JUNTA DE ANDALUCÍA**  
*Consejería de Agricultura y Pesca*  
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRARIAS

**TRATAMIENTO  
DE  
ALPECHINES**

Publicación de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía  
Edita: DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION Y EXTENSION AGRARIAS  
Centro de Información y Documentación Agraria - Sevilla

Depósito Legal: SE - 1.869 - 1991

Fotocomposición: FOTOTEC, S.L.

Imprime: PAO, SUMINISTROS GRAFICOS, S.A. Sevilla

# INDICE DE PONENCIAS

## PRIMERA SESION

### PRIMERA PONENCIA

«Situación y perspectivas del tratamiento de alpechines en Italia»

*Lorenzo Liberti*

Universidad de Bari (Italia) ..... 9

### SEGUNDA PONENCIA

«Situación y perspectivas del tratamiento de alpechines en Grecia»

*Kleanthes Israilides*

Instituto de Tecnología de Productos Agrícolas. Ministerio de Agricultura.

Licovrissi 14123, Atenas (Grecia) ..... 21

### TERCERA PONENCIA

«Situación y perspectivas del tratamiento de alpechines en España»

*José Rodrigo Román*

Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

Sevilla (España) ..... 33

## SEGUNDA SESION

### PRIMERA PONENCIA

«Tecnologías e instalaciones para la depuración de alpechines por medio de procesos físicos de concentración y osmosis»

*Paolo Almirante y Giovanni Carlo di Renzo*

Facultad de Agronomía de Bari (Italia) ..... 47

## SEGUNDA PONENCIA

«Tratamientos de alpechines mediante procesos biológicos»

*José A. Fiestas, R. Borja Padilla*

Instituto de la Grasa, CSIC. Sevilla (España) ..... 63

## TERCERA SESION

### PRIMERA PONENCIA

«Efecto del alpechín líquido de las almazaras sobre la fertilidad del suelo»

*Fotini Flouri, I. Chatjipaulidis, K. Balis, D. Servis y C.T. Jerakis*

Universidad de Atenas. Dpto. de Microbiología Agrícola. Atenas (Grecia) ..... 85

### SEGUNDA PONENCIA

«Eliminación y aprovechamiento agrícola del alpechín»

*Angel García Rodríguez*

Estación Experimental «Venta del Llano». DGIEA, Junta de Andalucía.

Mengíbar, Jaén (España) ..... 103

### TERCERA PONENCIA

«Utilización de los alpechines como fertilizantes»

*M. Catalano y M. de Felice*

Facultad de Agronomía. Universidad de Bari (Italia) ..... 125

### CUARTA PONENCIA

«Aprovechamiento de los orujos de aceituna como alimento del ganado»

*A. Nefzaoui*

Laboratorio de Nutrición del Ganado. INRA de Túnez. Ariana (Túnez) ..... 135

## CUARTA SESION

### PRIMERA PONENCIA

«Análisis comparado de la legislación referente a vertidos de industrias oleícolas»

*Vladimiro Mandel (Ponencia expuesta por el Sr. Zorita)*

Gabinete del Medio Ambiente de la Comisión de las Comunidades Europeas (España) ..... 159

# I SITUACION Y PERSPECTIVA DEL TRATAMIENTO DE ALPECHINES EN ITALIA

LORENZO LIBERTI (\*)

Universidad de Bari (Italia)



# **ALPECHINES**

**PONENCIAS  
PRIMERA SESION**



# SITUACION Y PERSPECTIVA DEL TRATAMIENTO DE ALPECHINES EN ITALIA

Lorenzo Liberti

## INTRODUCCION

La producción anual mundial de aceite de oliva (Cuadro I), que en 1989 ha superado los 2 M toneladas métricas, de los cuales 1,5 M toneladas métricas pertenecen a la CEE, se encuentra concentrada sobre todo en España (0,7 M tonelada métricas/año aproximadamente), Italia (0,5 Mt/año aproximadamente), Grecia, Turquía y Túnez. En Italia, en particular, con más de 11.000 almazaras en actividad y aproximadamente 60.000 ocupados - aunque las familias relacionadas con el sector son más de un millón, sobre todo en el Sur, donde se concentra el 80% del patrimonio olivarero italiano- se ha registrado un incremento del 19% en la producción de aceite de oliva (510.000 T contra 430.000 en 1988). El elevado consumo interno sin embargo constante en los años 80 en 11 litros por habitante y año (12 litros por habitante y año en los años 70), equivalente a 600.000 t/año, no se satisface con la elevada producción nacional y obliga a importar alrededor de 100.000 t/año de aceite de oliva del exterior.

La facturación global anual del sector en Italia, es de alrededor de 5 billones de liras, de los cuales aproximadamente 1,3 billones de liras se obtienen como prestaciones de la CEE. Esta última, por otra parte, aun manteniendo inalterable la aportación comunitaria específica (1.170 liras por litro de aceite), ha puesto recientemente un techo a la producción italiana subvencionable (135.000 t/año, menos del 25% de la producción oleícola nacional) provocando gran descontento entre los olivareros.

---

Mt: Millones de toneladas métricas.

t: Toneladas métricas.

El relieve socio-económico del sector aumenta con la constatación de que la industria italiana ostenta más del 75% del mercado mundial de máquinas para la extracción y elaboración del aceite de oliva. La región de Puglia, con más de 200.000 t de aceite producido en 1989 da aproximadamente 1.100 t de aceituna recolectada en 550.000 Ha, cubre cerca del 33% de la producción italiana y el 10% de la producción mundial de aceite de oliva y se convierte con mucha diferencia en la primera región italiana en cuanto a cantidad producida (cuadro IV), pero también la más gravemente afectada por el problema del vertido de los alpechines. Para tener una idea de la cantidad de alpechines producidos en una almazara, se considera que la elaboración de 100 kg de aceituna da lugar como media, con el sistema de elaboración tradicional, de prensado (discontinuo), a unos 40 Kg de alpechines; mientras el sistema de elaboración más moderno, de centrifugado (continuo), en el cual se añade, para diluirla, a la pasta procedente de la molienda una media de 80 Kg de agua, da lugar a 110 Kg por lo menos de alpechines. Por tanto, una pequeña almazara que trabaje 10 t de oliva/día con el sistema tradicional debe verter diariamente cerca de 4 m<sup>3</sup> de alpechines, a lo que hay que añadir el agua necesaria para el lavado de las aceitunas y de los separadores; mientras que una almazara cooperativa que trabaje 60 t/día con el sistema continuo deberá verter 60-80 m<sup>3</sup> al día.

Voces recientes indican que en Puglia, donde hay en actividad unas 1.750 almazaras de los dos tipos y de elevada potencia, la cantidad de alpechines producida en los aproximadamente 100 días que dura la campaña olivarera, llega a unos 800.000 m<sup>3</sup>, de los cuáles más de 500.000 m<sup>3</sup> corresponden sólo a las provincias de Bari y Lecce. El cuadro VII muestra la composición media del alpechín determinada en Puglia. Como se ve, la carga contaminante es elevadísima, equivalente para cada m<sup>3</sup> de alpechín al de unos 1.000 habitantes. Por tanto, durante la campaña olivarera la carga contaminante producida por el sector olivarero en Puglia equivale al de unos 10 millones de habitantes (el triple de la población regional).

A nivel nacional tal sobrecarga equivale a unos 33 millones de habitantes (más del 60% de la población) y revierte en el ambiente con su elevadísimo impacto contaminante, determinando los consabidos problemas.

Las dificultades técnicas y económicas inherentes a la depuración de los alpechines, unidas a las particulares características sociales, territoriales y productivas del sector olivarero han llevado a las autoridades italianas a adoptar medidas normativas y programáticas, destinadas a dotar de soluciones públicas al problema del correcto vertido de los alpechines, como se describe a continuación.

## **CUADRO LEGAL DE REFERENCIA**

### **A) Disposiciones estatales**

La ley n° 319/76 (ley «Merli») ha dictado, entre otras cosas, normas para los vertidos hídricos de todo tipo de sedimentos productivos, comprendidos los de las fábricas de aceite, que deben ser sometidos al apartado «A» anexo a la Ley (ver Cuadro III).

Integraciones y modificaciones sucesivas de esta ley (entre las cuales se encuentran la Leyes n.ºs 690/76, 650/79 y 67/86) han prorrogado repetidamente el plazo para la adecuación de los vertidos de los sedimentos productivos al apartado «A», que sólo en 1986 llegó a ser definitivamente operativa para todos los sectores productivos nacionales, con excepción del sector olivarero.

De hecho, en lo que a alpechines se refiere, el plazo para la adecuación cualitativa de los vertidos ha sido posteriormente prorrogado (Leyes n.ºs 119/87 y 288/89) hasta el 28/03/90 y por tanto actualmente caducado, con el fin de permitir a las regiones disponer de planes apropiados para el vertido de alpechines y a las tecnologías de depuración conseguir las verificaciones y mejoras necesarias.

Con este fin el Ministerio de Ambiente sostiene con financiaciones adecuadas proyectos de investigación públicos y privados para la depuración de los alpechines (DMA n.º 422/88).

Al mismo tiempo la ley n.º 119/87 dictaba normas transitorias para el vertido de los alpechines:

- 1) Tal cual, en suelo agrario, según las modalidades previstas en el artículo 5 de CITAI de 4/02/1977, previa autorización del alcalde.
- 2) Derivados exclusivamente del tratamiento mecánico de la aceituna, del diluido de la pasta y del lavado de las plantas, sobre suelo agrícola, previa autorización del alcalde, y previa eliminación de al menos el 50% de carga contaminante.

Esta norma ha creado grandes confusiones por cuanto no es específica en qué modo hay que calcular esta eliminación del 50% de carga contaminante, ni cuáles son los parámetros para separar y cuáles son los valores de partida (entre otras cosas, para una realidad muy variable, caso por caso).

Como queda dicho, desde el 28/03/90 también son operativos los límites de cualidad en las aguas de vertido en Italia para el sector olivarero, de modo que si no se producen nuevas prórrogas, todo el sector está en peligro de entrar en crisis, no habiéndose realizado hasta hoy, sino en ínfimo número, plantas eficaces de depuración de alpechines.

## **B) Iniciativa de la región de Puglia**

La ley n.º 650/79 comprometía a las Regiones a redactar los Planes de Resaneamiento de las Aguas (PRA). Entre las primeras de Italia, la Puglia adoptaba el PRA con la Ley Regional n.º 24/83. Refiriéndose al problema de los alpechines, el PRA de Puglia permite la conducción de los alpechines a las depuradoras municipales y a plataformas específicas de consorcios, con las siguientes modalidades:

a) Admisión directa de los alpechines en la red pública de alcantarillado, cuando la cantidad de sobrecarga orgánica sea inferior al 20% del máximo tratable por las depuradoras municipales.

b) Normalización del vertido en los 100 días de campaña olivarera, en depósitos de ecualización, cerca de las depuradoras, cuando la cantidad de sobrecarga orgánica sea inferior al 50% del máximo tratable por las depuradoras municipales.

c) Normalización del vertido mediante la permanencia de 100 a 300 días en depósitos de equalización, a realizar para el 90% del volumen adquirido a cargo y gastos de las fábricas de aceite, individuales o asociadas, y para el 10% restante por el organismo municipal de depuración.

Los casos b) y c) son más frecuentes en Puglia y el PRA de Puglia ha programado, con este fin, financiaciones adecuadas para la idónea potenciación de 69 depuradoras municipales para las situaciones del caso b), y también la construcción de 27 plataformas centralizadas, con el fin de cubrir la necesidad total regional de depuración de alpechines.

De esta forma la Región de Puglia, reconociendo las particulares características sociales, económicas y tecnológicas del problema, daba una solución pública al tratamiento de los alpechines, junto a eventuales soluciones de tipo privado, por medio de depuradoras municipales existentes, o potenciando o realizando nuevas, y de plataformas hechas a propósito en consorcios centralizados.

A los olivareros se les exige, además del pago del servicio de depuración, hacerse cargo del eventual almacenaje y transporte de los alpechines.

La Ley Regional n.º 24/83 venía seguida de la circular de actuación n.º 5374 de 01/12/83 que exhortaba a los entes locales a formar consorcios para la construcción y la gestión de los depósitos de almacenaje para la conducción controlada de los alpechines y a divulgar las propias normas internas de funcionamiento.

No parece, sin embargo, que tales depósitos de almacenaje cerca de las productoras de alpechines hayan sido construidos todavía.

Con reglamentación propia (B.U.R.P. n.º 180 de 23/10/87) la región de Puglia ha procedido a regular las relaciones entre los gestores y los usuarios de las plataformas centralizadas, fijando en concreto los criterios de tarifas de la conducción (previendo, a tal fin, la comprobación en las almazaras de la cantidad y entidad de la carga orgánica de los alpechines), la construcción y gestión de los depósitos de almacenaje y la conducción, recogida y sedimento de los fangos depositados en los mismos, considerando la posibilidad de utilizarlos en agricultura.

Ante las demoras del cumplimiento de un programa de intervenciones tan amplio y gravoso, la Región de Puglia, en sintonía con las normas transitorias previstas en la ley n.º 119/87, autorizaba, con circulares periódicas, la práctica de la fertilización por irrigación, o del vertido de alpechines sobre el terreno, sólo si se consideraba directamente útil a la producción agrícola y siguiendo las siguientes modalidades:

- Esparcimiento máximo de 20 m<sup>3</sup>/Ha de alpechines por temporada.
- Almacenamiento en dique artificial de los alpechines no esparcibles inmediatamente.
- Aplicación uniforme del caudal hidráulico de los alpechines a todo el terreno interesado evitando el derramamiento.
- Distancia no inferior a 2.000 m. de los centros habitados, respetando las zonas de captación de aguas subterráneas.
- El nivel estático de la capa freática debe encontrarse al menos a una profundidad de 10 metros de la superficie del campo.

– El esparcimiento no debe efectuarse sobre cultivos herbáceos actuales, sino sólo sobre terrenos destinados a cultivos de resiembra y cultivos arbóreos especializados.

Actualmente hay ya en funcionamiento 3 plataformas centralizadas (s. Severo, Andria y Bitonto) y diversas depuradoras comunales para tratar los alpechines mediante oxidación biológica combinada con los vertidos urbanos.

El servicio de depuración en estas plataformas gestionado por el EAAP, está calculado en un coste de 50.000 liras por m<sup>3</sup> de alpechín, que equivale a 100-250 litros de aceite por almazara a presión o a centrifugado respectivamente. Añadiendo el transporte y el IVA, el coste conjunto máximo asciende a unas 350 liras por litro de aceite (unas 30 ptas.).

Hay actualmente en curso procedimientos administrativos para la construcción de una cuarta plataforma en Palo del Cole. Con el Proyecto Integrado «Puglia 2», la Región de Puglia se apresura a realizar en los próximos meses 7 plataformas centralizadas, junto al potenciamiento de muchas otras depuradoras municipales, para el tratamiento de alpechines. Cuatro de estas plataformas centralizadas están basadas en el tratamiento térmico de los alpechines con el fin de conseguir la depuración a costes estimados muy inferiores (unas 25 liras por m<sup>3</sup> de alpechín) de los actualmente conseguidos en las plataformas antes expuestas.

El proyecto «Puglia 2», ya completamente financiado con aproximadamente 80.000 millones de liras y cuya entrada en servicio se prevé para el otoño de 1990, conseguirá al cabo de 1 ó 2 años disponer de 11 plataformas centralizadas funcionando en el territorio regional, juntos a numerosas depuradoras municipales preparadas a propósito para recibir alpechines.

En diciembre de 1989, en fin, la Región de Puglia ha financiado con unos 48.000 millones de liras el potenciamiento de otras 7 depuradoras municipales destinadas también a tratar alpechines.

La elección de los procedimientos de tratamiento (plantas individuales o en consorcios) y de las tecnologías depuradoras (térmicas, biológicas, de membranas, etc.) se ha efectuado en base a un estudio profundo desarrollado recientemente por la Región de Puglia («Indagaciones sobre las tecnologías para la depuración de las aguas de vegetación de las almazaras», FINPUGLIA, diciembre 1989).

En conclusión, el estado italiano, a través de intervenciones concretas con los Entes Locales, Regionales y Municipales, en el campo de la administración, instalación y gestión, proporciona una solución prevalemente pública al problema del vertido de los alpechines, que puede ser asumida como modelo válido también para otras áreas geográficas interesadas en este grave problema.

Cuadro I  
**Aceite de oliva en 1989**

<b>A) PRODUCCION</b>	
Mundial	2.000.000 Tm.
CEE	1.500.000 «
Italia	510.000 « (25% Mundial)
<b>B) CONSUMO</b>	
Mundial	2.100.000 tm.
Italia	600.000 « (*)

(\*) 90.000 Tms/año importadas. 11'8 Kg. hab/año consumido.

Cuadro II  
**Producción de aceituna (1988)**

Mundial	826.000 Tm.
CEE	292.000 «
Italia	116.000 «
España	84.000 «
Grecia	30.000 «
Francia	28.000 «
Siria	9.500 «

Cuadro III  
**Mercado del aceite de oliva en Italia (1989)**

Producción total	510.000 Tm.
Nº oficial de almazaras	11.000
Ocupados directos	60.000
Ocupados indirectos	4.000.000
Localización	80% en el Sur de Italia
Total ventas	5 Billones de liras
Contribución de la CEE	1,6 Billones de liras (1170/litro x 135 Tm/año el 25% de la prod. anual)

\* 430.000 tm. en 1988 (+ 19%)

Cuadro IV  
**Producción de aceite de oliva en Italia (1989-90)**

Total	510.000 Tm.
1988/89	430.000 « (+19%)
Sur	428.000 «
Centro	50.000 «
Norte	32.000 «
PUGLIA	200.000 tms. (40% de Italia, 10% del mundo)
CALABRIA	110.000 «
SICILIA	60.000 «
CAMPANIA	36.000 «
ABRUZOS	26.000 «
LAZIO	20.000 «
BASILICATA	12.000 «
CERDEÑA	10.000 «
TOSCANA	10.000 «
UMBRIA	5.000 «
LIGURIA	5.000 «
MARCAS	4.000 «
OTROS	12.000 «
<b>TOTAL</b>	<b>510.000 «</b>

Cuadro V  
**Tecnología de las almazaras en Italia**

A) DE PRENSADO	
1 tm. de aceituna	$\left\{ \begin{array}{l} 0,2 \text{ tm. de aceite} \\ 0,4 \text{ tm. de alpechín} \\ 0,4 \text{ tm. de orujo} \end{array} \right.$
B) DE CENTRIFUGADO	
1 tm. de aceituna	$\left\{ \begin{array}{l} 0,2 \text{ tm. de aceite} \\ 1,1 \text{ tm. de alpechín} \\ 0,5 \text{ tm. de orujo} \end{array} \right.$
+ 0,8 tm de H <sub>2</sub> O	

Cuadro VI  
**Distribución de las almazaras en Italia**

PUGLIA	1.750	1,15 tm/día
SICILIA	900	67
CERDEÑA	1.000	10
LAZIO	900	22
CAMPANIA	650	72
TOSCANA	800	13
ABRUZOS	700	37
OTROS	4.300	
<b>TOTAL</b>	<b>11.000</b>	<b>0,46</b>

Cuadro VII  
**Composición media de los alpechines**

PH	4,5
BOD	66.000 mg/l
COD	152.000 «
VSS	120.800 «
SS	2.500 «
N	660 «
P	330 «
1 habitante	– 54 g BOD/d
1 m <sup>3</sup> de alpechín	– 1.222 habitantes

Producción total de alpechines en Italia 2,64 millones de m<sup>3</sup> equivalente a 33 millones de habitantes/día en 100 días.

Producción de alpechines de Puglia 0,80 millones de m<sup>3</sup> equivalente a 10 millones de habitantes/día en 100 días.

Cuadro VIII

**Límites para el vertido de alpechines en Italia (desde 28-3-1990)**

Art. A, ley 319/76				
PH	5,5 ÷ 85			
BOD	40	mg/l	(eliminación del 99,94%)	
COD	160	« (	«	« 99,90%)
SS	80	« (	«	« 96,80%)
N	11,7	« (	«	« 98,22%)
P	10	« (	«	« 96,97%)

**CUADRO CRONOLOGICO DE LAS PRINCIPALES  
INICIATIVAS LEGALES ESTATALES**

- 10/05/1976 Ley – Reordenación de las competencias en materia de defensa del medio ambiente.  
n.º 319 – Reglamentación de los vertidos hídricos.
- 08/10/1976 Ley – Definiciones de los sedimentos «urbano» y «productivo».  
n.º 690 – Asimilación de las administraciones agrícolas a los sedimentos «urbanos».
- 04/02/1977 Al. – Normas técnicas para el vertido de alpechines en suelo agrario.  
C.I.T.A.I.
- 24/12/1979 Ley – Competencia a las Regiones para que elaboren sus propios PRA en base a las directrices emanadas del C.I.T.A.I.  
n.º 650 – Competencia al C.I.T.A.I. para la concreción de las administraciones agrarias a considerar.
- 08/05/1980 Delib. – Criterio del 2/3.  
Publicada C.I.T.A.I.– Exhortación a las Regiones a prever la construcción de plataformas centralizadas para la depuración de alpechines.  
el 21-5-80
- 28/05/1981 Delib. – Directivas para la definición de los PRA.  
C.I.T.A.I.  
n.º 101
- 15/03/1986 Ley – Adecuación de apartado «A» de todos los vertidos industriales a excepción de los de las almazaras.  
n.º 67
- 24/03/1987 Ley – Adecuación al apartado «A» de los vertidos de las almazaras hasta el 28/03/1989.  
n.º 119 – Asignación de fondos para la construcción de plataformas centralizadas, para financiar la adquisición de plantas privadas y para un programa de investigación.

- 24/07/1987 D.M.A. – Directices para la realización o modificación de los PRA, relativos a la depuración de alpechines.  
n.º 397
- 08/09/1988 D – Modalidad y criterios para la asignación de las financiaciones M.A. + M.R.S. previstas para el programa de investigación, de acuerdo a la ley n.º 424 119/87.
- 04/08/1989 Ley – Prórroga hasta el 28/03/90 de la Ley n.º. 119/87.  
n.º 288

### **ALTERNATIVAS PARA EL VERTIDO DE ALPECHINES**

- |   |  |
|---|--|
| 1 COMO FERTILIZANTE                                 | $\leq 20 \text{ m}^3$ alpechín /ha, por temporada<br>$\geq 2.000 \text{ m}$ de núcleo habitado<br>$\geq 10 \text{ m}$ sobre la capa freática, etc. |
| 2. VERTIDO DIRECTO A LA RED URBANA DE DESAGUE       | $\leq 20\%$ de sobrecarga orgánica   |
| 3. VERTIDO A LA RED URBANA, A LOS 100 DIAS          | $\leq 50\%$ de sobrecarga orgánica   |
| 4. VERTIDO A LA RED URBANA A LOS 300 DIAS           | $\geq 50\%$ de sobrecarga orgánica tratado en depuradoras apropiadas municipales. En Puglia hay 27   |
| 5. PLANTAS DE TRATAMIENTO PRIVADAS (CENTRALIZADAS). |  |

# II SITUACION Y PERSPECTIVAS DEL TRATAMIENTO DE ALPECHINES EN GRECIA

KLEANTHES ISRAILIDES (\*)

(\*) Instituto de Tecnología de Productos Agrícolas. Ministerio de Agricultura.  
Licovrissi 14123, Atenas (Grecia)



# SITUACION Y PERSPECTIVAS DEL TRATAMIENTO DE ALPECHINES EN GRECIA

Kleanthes Israilides

## INTRODUCCION

Los efluentes residuales del aceite de oliva son grandes contaminantes y un problema en las zonas olivareras. El aprovechamiento de estos efluentes se vuelve cada vez más urgente al acercarse el año 1992; especialmente en el caso de los países mediterráneos, debido a la puesta en vigor de normas estrictas para la protección del medio ambiente en los diferentes estados miembros de la CE.

Grecia es el tercer país productor de aceite de oliva en el mundo, detrás de España y de Italia. La producción anual varía entre 230.000 y 280.000 toneladas de aceite de oliva de acuerdo a las condiciones climatológicas. Esta cantidad corresponde a cerca del 15% de la producción mundial en un año.

Una fábrica promedio de aceite de oliva, en Grecia, produce hasta 2.000 m<sup>3</sup> de residuos tóxicos, «katsigaros» o alpechines, al año, entre noviembre y febrero. La producción total de estos alpechines en Grecia da una media que supera ligeramente 1.500.000 m<sup>3</sup> anuales. La relación del katsigaros y el aceite de oliva está en torno a 6:1.

Debido a que Grecia no posee una legislación de obligado cumplimiento para el tratamiento del katsigaros, este vertido contamina el ambiente. Existen informes internacionales sobre el grave daño ocasionado por estos vertidos en el medio ambiente. Baste mencionar, en el caso de Grecia, la disminución del abastecimiento de agua potable en la ciudad de Iraklion, en la isla de Creta, debida a la contaminación de las aguas subterráneas; se estimó en torno al 25% (9).

El katsigaros contiene no sólo sustancias tóxicas, sino también sustancias útiles que si se recuperan pueden constituir un sustrato para la producción de otros metabolitos usando métodos biotecnológicos. Cualquier solución para el tratamiento, evacuación y reutilización del katsigaros deberá tener en cuenta los aspectos ambientales y los económicos de esas sustancias útiles en el alpechín.

En este caso, el coste del tratamiento, evacuación y reutilización del alpechín puede estar más que compensado.

## **SITUACION ACTUAL**

En general, podemos decir que no existe en Grecia ninguna solución ecológica, ni económica, para el tratamiento, aplicación y aprovechamiento del katsigaros.

Casi todas las fábricas de aceite de oliva realizan sus vertidos, sin someterlos a ningún tratamiento previo, en el mar, río o arroyo más cercano, causando el consiguiente problema ecológico agudo. En Grecia, el 58% de esos alpechines se vierte en arroyuelos en lo que el agua corre sólo en el invierno: 19,8%, directamente en el suelo, 6 %, en ríos, 5,3%, en el mar y 0,04 %, en los lagos (9).

La legislación griega en vigor, proveniente de normativas emanadas de los ministerios, y no de la ley del Estado, requiere la instalación de colectores en cada fábrica de aceite. También exige la mezcla de los alpechines con  $\text{CaCO}_3$ .

Sin embargo, esta medida no se cumple o, se lleva a la práctica de manera parcial. El resultado es que el problema continúa siendo grave y aún falta encontrar la solución adecuada.

A continuación se describen brevemente algunos de los métodos propuestos para el tratamiento, aplicación y aprovechamiento del alpechín. Algunos de ellos se hallan en el estadio experimental y no se han probado a gran escala.

### **1. Evacuación directa en albercas cerradas o abiertas**

Se recoge el alpechín de la producción oleícola en albercas cerradas de penetración o en albercas abiertas y se neutraliza con cal apagada. En las albercas cerradas, el agua penetra en el suelo con lo cual en la alberca se queda el lodo que será reaprovechado. La aplicación y utilización de estas albercas es insuficiente debido a que el agua de la superficie y la subterránea se ensucian regularmente. El método es muy costoso y deja un fango que debe ser reutilizado. El sol evapora el agua de las albercas abiertas durante todo el año, y queda un lodo que puede aprovecharse de nuevo. Las fuertes lluvias aumentan el peligro de desbordamientos. El método es muy costoso y ocupa extensas áreas de labranza; se debe considerar como insuficiente en todos los aspectos.

Las albercas abiertas y cerradas desprenden malos olores. La operación es cara debido a los gastos de mano de obra y de mantenimiento. Aún no se han reaprovechado satisfactoriamente los lodos, de manera que se proteja el medio ambiente. Así se pierde el potencial económico del agua y de las sustancias útiles recuperables.

## **2. Uso como acondicionador del suelo**

Se ha descubierto que el tratamiento del suelo con el esparcimiento directo del alpechín de aceite de oliva aumenta la actividad respiratoria del suelo y su capacidad para fijar nitrógeno.

También se ha informado de la reactivación de la microflora responsable de la degradación de los componentes fitotóxicos de los alpechines, después de haber realizado varios vertidos. Los investigadores insisten en que con este tratamiento los agregados del suelo se vuelven más estables. Todavía está por realizar una evaluación económica de este método pues continúa en la fase de investigación y no ha alcanzado la escala de planta piloto. Sin embargo, podemos decir que a pesar de ser novedoso y contar con una buena base ecológica, no ha servido para recuperar las sustancias útiles de los alpechines.

## **3. Producción de biogas con fermentación anaeróbica**

En Grecia se han realizado dos intentos de este tipo (5, 7). Los resultados han demostrado que se puede producir biogas por medio de la fermentación anaeróbica, hasta 1,5 m<sup>3</sup> por m<sup>3</sup> de volumen de trabajo del sistema. La fermentación produjo una gran disminución del BOD<sub>5</sub> inicial con reducción de la mayor parte de la materia orgánica.

Todavía quedan dudas sobre el aspecto económico del sistema, es decir, se confirma una vez más el coste elevado de la producción del biogas. Asimismo, el alpechín final, cuando se usó como fertilizante, tenía su fitotoxicidad prácticamente intacta, lo que concuerda con la opinión de otros investigadores acerca de la imposibilidad de purificar los alpechines usando métodos biológicos.

## **4. Recuperación de los antocianos**

Varios investigadores han informado sobre los pigmentos naturales (antocianos) de los alpechines del aceite de oliva (4, 10). Se ha desarrollado un proceso para la extracción de antocianos y la limpieza de los efluentes. Consiste en pasar primero las aguas de vegetación de las plantas extractoras del aceite de oliva por una unidad ultrafiltradora que separa las proteínas y las moléculas de mayor peso, de los carbohidratos de los azúcares simples, antocianos, sustancias fenólicas, vitaminas, aminoácidos y material mineral que se filtran por la membrana. El filtrado rico en proteínas y carbohidratos, después de ser fermentado, puede aprovecharse como suplemento alimenticio líquido. También puede ser deshidratado para convertirlo en pienso para animales.

Se pueden extraer los antocianos usando resinas. Las resinas, de uso industrial, se utilizan en Francia para extraer los antocianos de los residuos de la uva.

El final del proceso de extracción se realiza satisfactoriamente con ciertos solventes mezclados con alcohol acidificado con ácido cítrico. Estos antocianos se pueden reaprovechar como colorantes naturales en la industria de la alimentación.

## 5. Producción de etanol y/o Pollulan

Se puede producir etanol utilizando como sustrato los efluentes del aceite de oliva. Se han aislado las cepas de los efluentes y se han identificado provisionalmente como *Candida wickerhamii*, *C. molischiana* y *Saccharomyces cerevisiae* (2).

La producción de etanol (gr. de etanol por gr. de azúcar) alcanzó el 87% teórico, pero la concentración final del alcohol fue baja, en torno a 1,3 % en el mejor de los casos.

La recuperación de esa concentración baja de etanol a partir del caldo de fermentación no parece ser rentable usando los métodos tradicionales de extracción, problema que puede ser solventado con el uso de una membrana.

El Pollulan es un polisacárido extracelular producido por el hongo *Aureobasidium pullulans*. Es un producto comercializable de gran valor utilizado en las industrias de la alimentación y farmacéutica. Los alpechines del aceite de oliva han demostrado ser un buen sustrato para la fermentación. Los experimentos preliminares realizados en el Instituto de tecnología de productos agrícolas, de Atenas, Grecia, demostraron que se puede producir hasta 8 gr./l. de Pollulan, con una relación de bioconvertibilidad de azúcares totales,  $Y_{p/s} = 0,5$  ( $Y_{p/s}$ :gr. de Pollulan/gr. de azúcares totales, cuando la relación de dilución es 3 partes de alpechín por una parte de agua).

## 6. Recuperación y producción de sustancias útiles con un método físicoquímico y biotecnológico

### Objetivos del proyecto

Como se ha mencionado en la introducción, nuestro interés se ha dirigido a la evacuación y reutilización, protectoras del medio ambiente, sin descuidar el aspecto económico de la rentabilidad, de los alpechines del aceite de oliva, con recuperación simultánea de agua y sustancias útiles del katsigaros (aceite residual, fertilizante, alcohol, etc.). Se pueden alcanzar estos objetivos con un método que elimina la toxicidad y separa el agua y las sustancias útiles del katsigaros como si fuese un reciclado total, con la excepción del aceite residual.

El método, en combinación con una membrana novedosa, de reciente creación, diseñada por el Centro de Investigación KFA Julich FRG, en colaboración con la empresa ATP Ltd., de Iraklion, Grecia, ofrece las siguientes prestaciones:

1. Ahorro de agua.
2. Recuperación y producción de sustancias útiles del katsigaros, como:
  - a. Fertilizantes, de 65 a 80 Kg./m<sup>3</sup> del katsigaros con sustancias orgánicas e inorgánicas.
  - b. Aceite residual, de 4 a 30 Kg./m<sup>3</sup> del katsigaros.
  - c. Sustancias colorantes (antocianos), de 2 a 3 Kg./m<sup>3</sup> del katsigaros.
  - d. Pollulan (polisacárido) y/o etanol en cantidades de 8 Kg./m<sup>3</sup> y 13 Kg./m<sup>3</sup> del katsigaros, respectivamente.

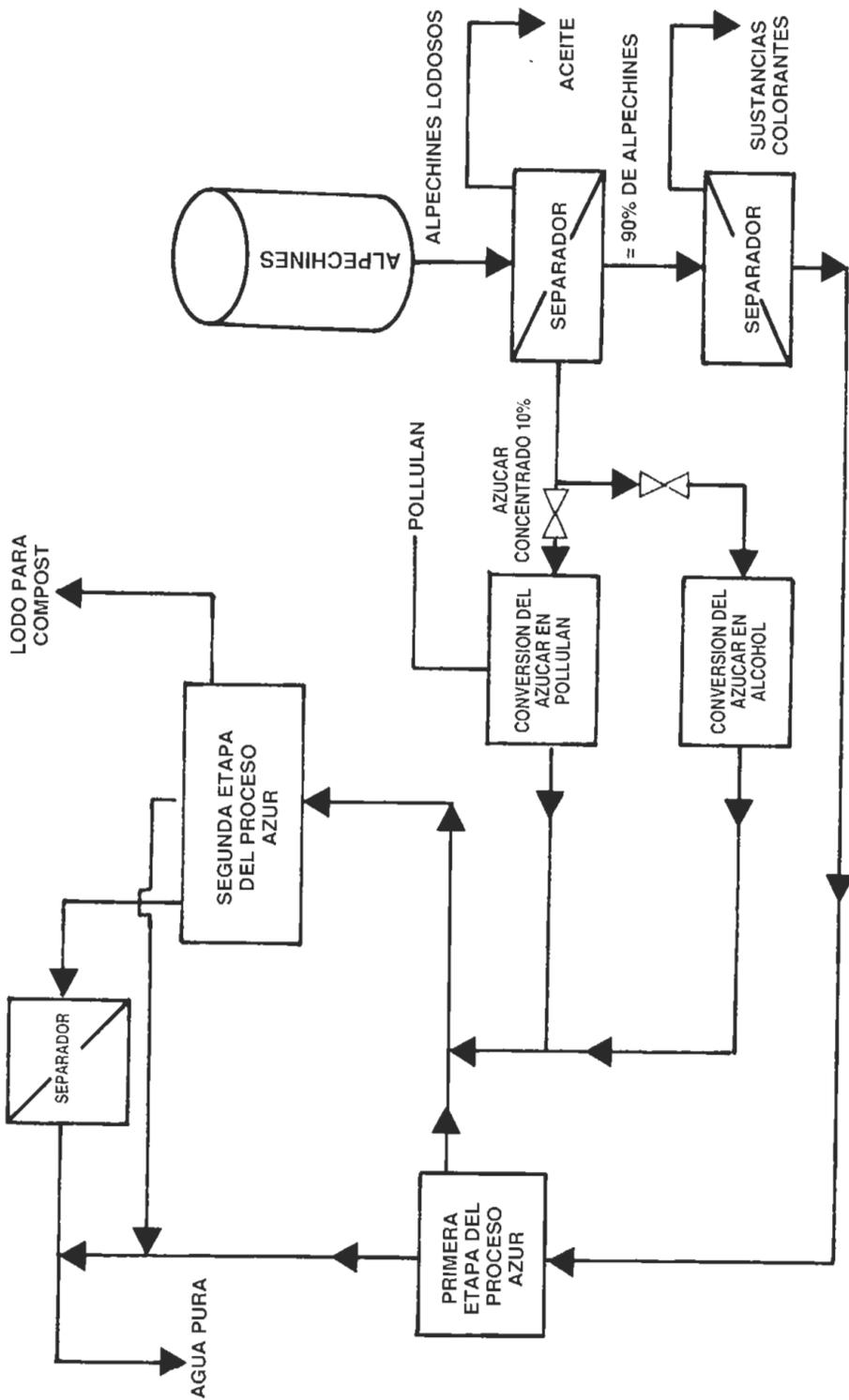


Fig. 1. Esquema de la eliminación ecológica de alpechines con reciclado de sustancias útiles.

La primera vez se aplicó este proceso en la desalinización del agua de mar y, más tarde, se trató el katsigaros en un ensayo de prueba en Iraklion Creta. En noviembre de 1988, se realizaron las primeras pruebas con una duración de dos meses.

### **Base del proceso**

A continuación describimos brevemente el proceso que ha sido patentado. Mostramos un esquema del proceso en la Fig. 1.

En primer lugar se elimina el aceite residual con la ayuda de una membrana, creada por KFA Julich y ATP de Iraklion. La sustancia residual, aproximadamente 10% del katsigaros enriquecido con azúcares, se pone a fermentar para convertir los azúcares en Pollulan y/o alcohol (etanol). Después de este paso, la sustancia residual, con o sin formación de etanol, se añade al katsigaros concentrado que fue excluido de la primera etapa de la planta de evaporación o Planta AZUR. Esta mezcla pasa por bombeo a la segunda etapa de la Planta AZUR. Ahí el lodo es separado del agua residual y del etanol. El condensado de esta segunda etapa es pasado por una membrana para separar el etanol del agua. Se puede obtener hasta un 95% de etanol. Además, el uso de las membranas para sustituir la separación por fuerza centrífuga en las prensas de aceite constituye una posibilidad adicional del método que contribuirá a disminuir los accidentes y a mejorar la calidad del aceite. El filtrado, aproximadamente el 90% del katsigaros, después de haberle quitado el aceite residual, en su mayor parte sin traza de azúcares, es tratado con resinas para la recuperación de las sustancias colorantes. Es después de este procedimiento, cuando este katsigaros es bombeado hacia la primera etapa de la Planta AZUR. De ahí en adelante, se evaporará y condensará la mayor parte del agua del katsigaros. El katsigaros concentrado es apartado de la primera etapa del sistema y bombeado junto con las sustancias residuales hacia la segunda etapa de la evaporación. El lodo que ya no es tóxico para las plantas, puede destinarse a la agricultura. Deberá ser homogeneizado y acondicionado.

La reducción de la toxicología y el contenido de fenoles de las plantas, es decir, la calidad del proceso de recuperación del lodo y del agua, dependen principalmente de la temperatura de la operación y de la relación entre el medio oxidante (aire) y el katsigaros en el evaporador. El contenido en humedad del lodo es determinante para la producción del compost.

Con el fin de realizar un programa de ensayo de tres años, se decidió instalar una planta de evaporación con capacidad para procesar 2,5 m<sup>3</sup>/ha. de katsigaros. Se pueden obtener las siguientes cantidades con un contenido de 50% de agua en el lodo:

– Condensado	2,17 m <sup>3</sup> /h
– Aceite	10 Kg/h
– Lodo	240 Kg/h
– Pollulan	25 Kg/h
– Etanol	32,5 Kg/h
– Colorantes	6-8 Kg/h

Suponiendo un funcionamiento de 8 meses del año, significaría 172 días de operación por año. Cerca de 10.500 m<sup>3</sup> de katsigaros se pueden reaprovechar anualmente. Un motor diesel puede suministrar la energía necesaria para la compresión.

### **La evaporación en la Planta AZUR**

La evaporación se realiza con el gas circulante de arrastre en un circuito cerrado (9). La evaporación continuamente tiene lugar del lado del evaporador de un intercambiador de calor. Dependiendo de la presión durante de la operación y de la relación entre presiones parciales del agua y del gas de arrastre, las temperaturas obtenidas pueden llegar hasta 160°C del lado de la evaporación. Las sustancias contenidas en los alpechines se precipitarán en forma cristalina o en forma de lodo según su naturaleza y grado de deshidratación. En el caso del lodo se puede elegir su contenido en agua, entre 5 y 70%. En un ciclón posterior, es separado de la fase gaseosa y apartado del proceso. A partir de este momento, la fase gaseosa, es decir, el gas de arrastre y el vapor de agua, por compresión, son llevados al lado del condensador del intercambiador de calor. El vapor de agua se condensa y la energía liberada durante la condensación es utilizada en la evaporación de los alpechines. Se separa el condensado de la corriente del gas de arrastre en forma de agua pura. Se recicla el gas de arrastre del lado de la evaporación del intercambiador de calor en un circuito cerrado y se mezcla con los alpechines previamente calentados. Los alpechines se han calentado previamente con el calor del condensado.

En el caso de que las sustancias oxidables (orgánicas) contenidas en los alpechines tengan que oxidarse, se elige un gas de arrastre con potencial oxidante, por ejemplo, aire enriquecido con O<sub>2</sub>. Se realizaron los ensayos en Iraklion con aire normal y con aire enriquecido con CO<sub>2</sub>, también.

### **Aspectos económicos e innovadores**

De acuerdo a las experiencias realizadas en la planta piloto para el tratamiento de aguas residuales galvánicas, el consumo de energía depende esencialmente de la elevación del punto de ebullición del concentrado saturado. Se determinó para el katsigaros una elevación del punto de ebullición de 2°, después de realizar varias mediciones. Por lo tanto dependiendo de la distribución del intercambiador de calor se puede esperar un consumo de energía por debajo de 25 KWh/m<sup>3</sup>.

El procedimiento no requiere mucha mano de obra. Si se toma como base el concepto de planta, los requisitos de material y de mantenimiento serán muy pocos. Sin embargo, será la operación de la planta a largo plazo la que lo compruebe.

Si se logra acondicionar óptimamente el lodo, se pueden esperar unos ingresos del orden de 0,15 DM/Kg. Para el aceite de oliva, de 3,60 DM/Kg; para los colorantes, de 4,2 DM/Kg; y para el Pollulan, de 26,3 DM/Kg.

De esta manera, se pueden esperar los siguientes ingresos por metro cúbico de katsigaros:

- 10,00 DM por el compost.
- 14,00 DM por el aceite residual.

- 10,50 DM por los colorantes.
- 210,00 DM por el Pollulan

El primer cálculo económico de una planta estandarizada arroja un total de costes específicos en torno a 20-50 DM/m<sup>3</sup> y beneficios de 250-300 DM/m<sup>3</sup>. Esto significa la posibilidad de contar con una operación viable gracias a los ingresos realizados a partir de la recuperación de las sustancias útiles, por ejemplo, los ingresos por el compost, los colorantes del aceite, el Pollulan y el agua superan los costes de evacuación y reutilización. Así se resuelve el problema de la evacuación del katsigaros, no solo desde el punto de vista de la protección del medio ambiente, sino también atendiendo al aspecto económico. Por eso se trata de elementos innovadores.

Los resultados más destacados se pueden resumir como sigue: Se podría separar el katsigaros en agua reutilizable de muy buena calidad y en lodos para vertidos en tierra, con una humedad de 30 a 70%.

Se podría reducir el volumen a 7 ó 10% del volumen del alpechín.

Todas las pruebas de fitotoxicidad realizadas dieron negativo, tanto en el condensado como en los lodos diluidos con 10% de agua. Además, se pueden recuperar el aceite residual y otras sustancias como el compost, los antocianos, el Pollulan y el etanol sin incurrir en gastos elevados gracias a la utilización de las membranas creadas por KFA y ATP Ltd.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

1. Amirande, P. 1983. Sistema energético integrado per la depurazione delle acque reflue degli oelifici. I Reunion Comite Tecnico Valorization Subproducto Olivar FAO, Madrid.
2. Bambalov, G.S., C.J. Israilides and S. Tanchev. 1989. Characterization of Yeasts Isolated from Spontaneously Fermenting Fresh Olive Effluents. MIRCEN, J. of Applied Microbiology & Biotechnology. 5(2):259-261.
3. Bambalov, G.S., Tanchev and C.J. Israilides. 1989. Alcohol Fermentation in Olive Oil Extraction Effluents. Biological Wastes 27(1):71-75.
4. Codounis, M., K. Katsaboxakis and Papanicolaou. 1983. Progress in the Extraction and Purification of Anthocyanin Pigment from the Effluents of Olive Oil Extracting Plants. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie. Ed. Forster Verlag 7, 567-572.
5. Dalis, D. 1989. Anaerobic Biological Treatment of Liquid Wastes for the Production of Biogas. Treatment of Wastes from Olive Oil Factories. Conference of the Geotechnical Chamber of Greece. Proc. March 31, 1989. Heraklion, Crete. pp. 42-52.
6. Fiestas, I.A., Navarro, R., León, R., Garcia, A.J., Maestro Juan, G.M. 1982. Depuración anaerobia del alpechín como fuente de energía. Grasas y Aceites 33:265-270.

7. Georgakakis, D. 1989. Application of Anaerobic Digestion of Katsigaros and Possible Disposal of Liquid Wastes. Conference of the Geotechnical Chamber of Greece. Procc. March 31, 1989 Heraklion, Crete. pp.53-74.

8. Hatzipavlidis, I., D. Servis, C. Tzerakis and C. Balis. 1986.

Biological  $N_2$  Fixation in Soil and Soil Conditioning Using the Liquid Wastes of the Olive Oil Extraction Industry. Eighth Congress/of the Greek Society of Biological Sciences, Ioannina, Greece. October, 1986.

9. Ioniotakis, M., Israilides, C., Katsaboxakis, K., Michailides, P., Oikonomou, D. and Papanicolaou, D. 1990.

Ecological and Economical Utilization of Wastewater Olive Production with Physicochemical and Biotechnological Methods. Symposium on Treatment and Use of Sewage Sludge and Liquid Agricultural Wastes. 1-4 October, 1990. Athens, Greece.



# III SITUACION Y PERSPECTIVAS DEL TRATAMIENTO DE ALPECHINES EN ESPAÑA

JOSE RODRIGO ROMAN (\*)

(\*) Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.  
Sevilla (España).



# SITUACION Y PERSPECTIVAS DEL TRATAMIENTO DE ALPECHINES EN ESPAÑA

José Rodrigo Román

El Sector Almazarero estuvo tradicionalmente integrado por un gran número de pequeños molinos muy diseminados por la geografía andaluza, por lo que sus vertidos, de escaso caudal, se perdían en los campos en su mayor parte sin alcanzar los cauces públicos.

Con el proceso de industrialización iniciado en la década de los cincuenta fueron desapareciendo la mayor parte de estos molinos y constituyéndose cooperativas o industrias cuya aguas residuales, los alpechines, debido a la mayor entidad de estas fábricas así como a la mejora en el saneamiento de las poblaciones, han ido afectando cada vez en mayor medida a los cauces públicos, llegando a constituir a finales de la década de los setenta el principal problema de contaminación en la Cuenca del Guadalquivir.

La prolongada sequía que se inició a continuación, obligo a establecer fuertes restricciones en abastecimientos y a poner en funcionamiento tomas de emergencia para distintas poblaciones, razón por la cual tuvieron que extremarse los controles sobre los vertidos que se realizaban a cauces públicos, para reducir al mínimo posible la carga contaminante que los mismos soportaban.

Con esta finalidad se promulgó el Real Decreto 3.499/81 de 4 de diciembre en el que se arbitran medidas para evitar la contaminación de los ríos de la Cuenca del Guadalquivir por residuos de fábricas almazaras y la Orden de 9 de junio de 1982 por la que se dictaban normas complementarias para la aplicación del mencionado Decreto.

Según estas disposiciones se declaraba de utilidad pública la realización de las obras y dispositivos que supusieran la neutralización o eliminación de los alpechines

producidos por las almazaras y vertidos directa o indirectamente a los ríos de la Cuenca del Guadalquivir, siendo subvencionados dichas obras y dispositivos por el IRYDA con un 30% de sus presupuestos, y pudiendo conceder el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo otra subvención de hasta el 70% de dicho importe, todo ello con exclusión de los terrenos necesarios.

Los auxilios económicos previstos podían conseguirse proponiendo una solución global y única que evitara el vertido de alpechín en un determinado ámbito territorial (subcuenca o población con gran concentración de almazaras).

En ambos casos era necesario aportar proyecto de las obras, instalaciones y demás dispositivos, firmado por técnico competente, en el que debía estudiarse la idoneidad de los terrenos donde habían de depositarse los alpechines, adaptándose las medidas necesarias para impedir contaminaciones del subsuelo y para evitar, en lo posible, efectos no deseables sobre el paisaje.

Como consecuencia de esta política de subvenciones se construyeron en toda la Cuenca del Guadalquivir balsas de evaporación correspondientes a cerca de mil almazaras, tramitándose por el IRYDA cerca de trescientos expedientes y dieciséis por el Ministerio de Obras Públicas.

La implantación de este sistema de balsas de evaporación trajo como consecuencia una drástica disminución en el volumen del alpechín vertido a cauces públicos, lo cual se tradujo en una notable mejoría en la calidad de las aguas durante los dos o tres años siguientes a dicha implantación.

La reparación en los cauces públicos de la Cuenca del Guadalquivir, de vertidos de alpechín durante la campaña de molturación 1986/87, después de un periodo de tres años de práctica ausencia de vertidos hizo plantearse a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, la necesidad de emprender un estudio, lo suficientemente amplio del sector almazarero, que además de ofrecer una radiografía de lo que dicho sector representa desde el punto de vista medio ambiental, sentará las bases de un programa a medio plazo, que permita la eliminación y/o depuración de los vertidos de alpechín en las cuencas de los ríos Guadalquivir y Guadalete al tiempo que disponer de una información actualizada de cada almazara, previendo además cuál será la evolución del sector olivarero en los próximos años y su posible incidencia medio ambiental.

A continuación se explica el contenido del Estudio.

### **Inventario de todas las almazaras de la cuenca.**

Partiendo de un antiguo censo de almazaras, de finales de los 70, en las cuencas del Guadalquivir y Guadalete, que registraba un número superior a 1.000, se formaron tres equipos de técnicos –más de 15 personas en total, todos con conocimientos previos en el sector–, que visitaron las almazaras de la cuenca, entrevistándose con los máximos responsables de los mismos. En total se inventariaron 682 almazaras en toda la cuenca, y se fotografiaron las balsas de evaporación existentes así como otros detalles tales como fachadas de algunas almazaras, vertidos directos a cauce, riego de campos con alpechín, etc. Se hicieron un total de 1.700 fotografías.

La encuesta realizada en cada almazara constaba de los siguientes apartados:

a) *Datos generales de la Empresa*

- Nombre, Domicilio, N.º de empleados, Nombre del gerente o responsable máximo.

b) *Datos de producción*

- Año de instalación de la almazara.
- Año de la última ampliación.
- Variedad de aceituna que moltura.
- Molturación media y punta, anual y diaria en Kg.
- Funcionamiento: días/semana y semanas/año.
- Productos y subproductos obtenidos.
- Rendimiento en la producción.
- Sistema de molturación: clásico o continuo. Número de líneas y número de prensas.
- Sistema de lavado: Existe? Aire o Agua? y Capacidad de limpieza de la máquina, y consumo de agua en el lavado.
- Está prevista alguna ampliación o nueva instalación de maquinaria y en qué consiste, y como consecuencia de ello en cuánto va a aumentar la producción.

c) *Abastecimiento de agua*

- Recursos: pozo propio, red municipal.
- Depósito de regulación. Capacidad.
- Características de las bombas: Caudal, potencia, etc.

d) *Vertido de efluentes líquidos*

- Balsas, red de saneamiento, cauce público, otros.
- Volumen vertido diariamente.
- Balsa de evaporación.
  - Dimensiones.
  - Coordenadas UTM del c.d.g. Hoja del 50.000.
  - Descripción de su estado.
  - Altura de alpechín existente.
  - Forma irregular; perímetro.
  - Sistema de transporte del alpechín a la balsa.
  - ¿Está cercada?
  - ¿Existen elementos de desagües?
- Vertido a río o arroyo:
  - Nombre del cauce.

- Coordenadas U.T.M.
- Hoja del 50.000.

## CONCLUSIONES GENERALES DEL INVENTARIO

- TOTAL PUESTOS DE TRABAJO FIJOS O EVENTUALES: 9.309
- DISTRIBUCION DE LAS ALMAZARAS SEGUN EL TIPO DE SOCIEDAD

TIPO	ALMAZARAS	%	% MOLTURACION
COOPERATIVAS	359	52,5	57,3
S.A.T.	49	7,2	10,0
INDUSTRIA	82	12,1	14,5
PARTICULAR	192	28,2	18,2

- MOLTURACION ANUAL EN LA CUENCA EN TM:

CAMPAÑA MEDIA : 1.836.198 Tm.

CAMPAÑA PUNTA : 3.374.984 Tm.

- CLASIFICACION DE LAS ALMAZARAS SEGUN SU MOLTURACION ANUAL EN TM.

	N.º Almazaras	%
Más de 5.000 Tm.	210	30,79
Entre 3.000 y 5.000 Tm.	140	20,53
Entre 1.000 y 3.000 Tm.	209	30,64
Menos de 1.000 Tm.	123	18,04

- SISTEMA DE MOLTURACION UTILIZADO

Sistema	N.º Almazaras	%
Prensa	430	63,05
Continuo	184	26,98
Mixto	68	9,97

- Número total de prensas = 2197
- Número total de líneas = 452
- Incremento previsto:  
Se instalarán 84 líneas distribuidas en 73 almazaras.  
Se instalarán 43 prensas nuevas en 23 almazaras.

– DISTRIBUCION DE LA MOLTURACION SEGUN PROCESO

Proceso	Molturación			
	Media (Tm)	%	Máxima (Tm)	%
Prensa	763.658	41,6	1.356.823	40,2
Línea	597.892	32,6	1.132.717	33,6
Mixto	474.648	25,8	885.444	26,2

– SISTEMA DE LAVADO

- 225 almazaras (33%) tienen lavadora.
- Incremento previsto:  
128 almazaras tienen previsto instalar 178 lavadoras nuevas, con lo que más del 50% de las almazaras dispondrán de lavadoras.

– PERIODO DE FUNCIONAMIENTO SEGUN CAPACIDAD DE MOLTURACION

Molturación (Tm)	P 50 Días	50 P 100 Días	100 P 150
5000 Tm.	10%	75%	15%
De 3000 a 5000 Tm	19%	70%	10%
De 1000 a 3000 Tm	33%	64%	3%
Menos de 1000 Tm	57%	43%	–

– PRODUCCION DE ACEITE

- En campaña media 375.000 Tm.
- En campaña punta 690.000 Tm.

– VERTIDO DE EFLUENTES LIQUIDOS

570 almazaras (83,6%) vierten a balsas.

- Existen un total de 2458 balsas en la cuenca, que totalizan una superficie de 2.237.831 m<sup>2</sup>, lo que equivale a una media de 910 m<sup>2</sup> por balsa.
- Forma y estado de las balsas
  - Forma Regular 38,5%
  - Forma Irregular 61,5%
  - En buen estado 86,3%
  - En mal estado 13,7%

– PRODUCCION DE ALPECHIN

En campaña media 1.753.000 m<sup>3</sup>  
En campaña punta 3.260.000 m<sup>3</sup>

– EXCEDENTES DE ALPECHIN

En campaña media 460.000 m<sup>3</sup>  
En campaña punta 1.455.000 m<sup>3</sup>

Contaminación equivalente en el mismo periodo

– Media 3.500.000 habitantes  
– Punta 11.000.000 habitantes

Con los resultados obtenidos se constaba que el excedente medio de alpechín en la zona objeto del estudio es el 26,3% de la producción media total, mientras que el excedente máximo es del 44,6% de la producción máxima total.

Resulta interesante analizar como la molturación máxima es algo inferior al doble de la molturación media –1,84 exactamente– mientras que el excedente máximo de alpechín supera en tres veces al excedente medio. Esto quiere decir que muchas balsas tienen capacidad para evaporar el alpechín de una cosecha media, pero no de una punta como la de 1987.

Otro análisis que puede hacerse, es que si bien el número de líneas –452– es casi cinco veces inferior al número de prensas –2197–, la molturación por línea representa el 45,5% y el 46,7% de la molturación total media y máxima.

Cabe destacar también, que el número de almazaras con sistema mixto es sólo de 68 de un total de 682 almazaras, pero que en cambio la molturación de aceituna que realizan representa el 24,8% y 25,2% de los valores medio y máximo respectivamente, lo que indica que las principales almazaras de la cuenca tienen un proceso mixto de producción.

El estudio además, pone de manifiesto lo siguiente:

1.º Insuficiencias en las capacidades de evaporación y retención de las balsas en algunos casos para cosechas medias, agravándose la situación conforme es mayor la cosecha.

Excedente alpechín no evaporado:

- campaña media = 460.000 m<sup>3</sup>
- campaña récord (87)= 1.455.000 m<sup>3</sup>

2.º Deficiente conservación en algunas balsas (filtraciones, taludes deteriorados, etc...).

3.º Como causas de la presencia del alpechín en cauce, se señalan:

- Cambio en el sistema de producción (prensas - sistema continuo) que trae como consecuencia el duplicar el volumen del alpechín. El cambio se produce de manera generalizada a partir del año 1986.
- Desaparición de almazaras pequeñas y concentración de la producción en almazaras grandes sin la necesaria adecuación de las balsas (en el año 81 hay unas 1.200 almazaras frente a unas 642 en el 88).
- Mejoras técnicas en el cultivo que generan una cosecha mayor.

Estos hechos junto con el impacto ambiental negativo que provocan algunas balsas próximas a núcleos urbanos, hacen que la C.H.G. se plantee un nuevo objetivo: el encontrar tecnologías limpias de depuración que puedan ser alternativas a la actual solución de balsas de evaporación.

Como metas parciales se fijan las siguientes:

a) Probar a nivel industrial aquellas tecnologías que estén desarrolladas a nivel de laboratorio o de planta piloto.

b) Demostrar su viabilidad técnica (cumplir los límites de vertido establecidos en la Ley de Aguas).

c) Demostrar su viabilidad económica (que los gastos de explotación y mantenimiento sean absorbibles por el sector almazarero).

d) Demostrar que el personal corriente de las almazaras, es capaz de gestionar las plantas sin ayuda técnica cualificada.

Al ser el problema del alpechín común a todos los países de la CEE del área comunitaria, se solicitó ayuda económica al proyecto MEDSPA - 89 - 1 de la Dirección General del Medio Ambiente (CEE).

La propuesta fue acogida con gran interés por parte de la administración comunitaria concediéndole el 10% del presupuesto total del MEDSPA - 89 - 1 (unos 500.000 ecus) pese a haber más de 200 solicitudes procedentes de todo el ámbito de la CEE.

El presupuesto total del programa asciende a 265 millones de pesetas, a invertir en la instalación de distintos métodos de depuración y en realizar el consiguiente seguimiento.

A) **Adquisición de equipos;** el presupuesto asignado es de 201 millones y la relación de equipos a instalar es la siguiente:

#### 1.º *Método Físico-Químico y filtro de Osmosis inversa*

Sistema desarrollado por el Centro Nacional de Investigación Italiano. Esta basado en los tratamientos físico-químicos.

Capacidad de tratamiento = 100 m<sup>3</sup>/día.

En la actualidad este método tiene realizada la obra civil, teniendo ya acopiados los equipos en la almazara.

### 2.º *Método depuración alpechín mediante procesos biológicos*

Desarrollado por el Instituto de la Grasa (C.S.I.C.) basa el tratamiento en procesos biológicos.

Capacidad de tratamiento = 40 m<sup>3</sup>/día.

En la actualidad se está procediendo a la realización de la obra civil y la construcción de un reactor anaerobio.

### 3.º *Método de Evaporación Forzada*

Sistema desarrollado por la marca NIRO ADOMIZER, consiste en una evaporación multietapa (doble efecto), calentado por vapor con circulación forzada en contracorriente con precalentador.

Capacidad de tratamiento = 2.000 kg/horas.

En la actualidad esta totalmente instalado.

### 4.º *Método de Evaporación Forzada y tratamiento Biológico*

Sistema desarrollado por la casa IDISUD, consiste en una evaporación monoetapa con tratamiento biológico.

En la actualidad se está seleccionando almazara donde ubicarlo.

### 5.º *Hidrobomba Eólica*

Sistema desarrollado por la casa ALAYCO, consiste en un dispositivo que aprovechando la energía eólica, proyecta el alpechín difuminado sobre la balsa de evaporación aumentando la evaporación y rompiendo la interfase oleosa formada entre el agua y el aire.

Capacidad de tratamiento por unidad instalada = 2194 m<sup>3</sup>/año.

En la actualidad se esta instalando.

### 6.º *Sistema evaporación natural mejorada*

Sistema desarrollado por la casa NUCLEOS DE INTERFASE, consiste en la evaporación del agua, mediante el reciclado sobre una superficie reticular expuesta al aire.

Capacidad de tratamiento por unidad = 461 m<sup>3</sup>/año.

En la actualidad esta instalado.

### 7.º *Método físico-químico y biológico*

Sistema desarrollado por la casa FERNANDEZ SALO, consiste en un tratamiento físico-químico y posteriormente en biológico.

Capacidad de tratamiento = 100 m<sup>3</sup>/día.

El método se encuentra prácticamente instalado.

### 8.º *Método físico-químico y ultrafiltración*

Sistema desarrollado por la Empresa SCANDIAVISION, consistente en un tratamiento físico-químico y una ultrafiltración.

En la actualidad se está en proceso de fabricación del equipo

#### **B. Campaña de seguimiento**

El presupuesto asignado es de 64 millones de pesetas y consistirá en un seguimiento tanto técnico como económico del funcionamiento de las instalaciones descritas anteriormente.

Seguimiento técnico. Se estudiarán principalmente, los siguientes aspectos:

- Rendimiento alcanzado por el sistema de depuración.
- Incidencias: Roturas, reparaciones, dificultades de manejo, etc.
- Caudales tratados.

Seguimiento económico, principalmente en los siguientes aspectos:

- Gastos de reactivos.
- Gastos energéticos.
- Comercialización de sub-productos.
- Costes específicos.

Como peculiaridad de la metodología está el hecho de que todas las casas participantes en la experiencia, tienen condicionado el cobro de su instalación a que el alpechín depurado alcance un nivel de contaminación definido a priori.

Con lo dicho hasta aquí, concluyo mi ponencia, lamentando no haber podido extenderme más en detalles interesantes, aunque espero que comprendan que dada la limitación de tiempo impuesto, me ha sido imposible plantear la comunicación de otra manera.



## **SEGUNDA SESION**



# I TECNOLOGIAS E INSTALACIONES PARA LA DEPURACION DE ALPECHINES POR MEDIO DE PROCESOS FISICOS DE CONCENTRACION Y OSMOSIS

PAOLO ALMIRANTE (\*)  
GIOVANNI CARLO DI RENZO (\*)

(\*) IFacultad de Agronomía de Bari (Italia).



# TECNOLOGIAS E INSTALACIONES PARA LA DEPURACION DE ALPECHINES POR MEDIO DE PROCESOS FISICOS DE CONCENTRACION Y OSMOSIS

Paolo Almirante  
Giovanni Carlo Di Renzo

## INTRODUCCION

La depuración de los residuos procedentes de la industria de extracción del aceite de oliva presenta problemas especialmente gravosos por la elevada carga contaminante, por su carácter temporal y por la fragmentación de la producción. Además, si bien el residuo se caracteriza por un elevado contenido de sustancia orgánica, tiene una baja biodegradabilidad, dado que la relación  $BOD_5/COD$  es igual en promedio a 0,25-0,30, debido a la presencia de sustancias orgánicas no oxidables biológicamente y de sustancias biotóxicas como los polifenoles.

Por consiguiente, en este sistema productivo no resulta conveniente utilizar sistemas de tratamiento de tipo biológico, ampliamente empleados en el sector de los residuos civiles, y de cuyas instalaciones se posee un conocimiento tecnológico bastante profundo.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que el sector de las almazaras en Italia, sobre todo en las regiones meridionales –que no se diferencian de los otros países productores de aceite de oliva– está formado por instalaciones de primera transformación, de reducidas dimensiones, por la que no se conjugan armónicamente los criterios de eficiencia productiva con una gestión económica de las propias plantas de transformación y, también de las de depuración.

Por tanto, esta nueva problemática puede representar la ocasión para que, mediante el empleo de nuevos recursos financieros, pueda pensarse en la reestructuración de las instalaciones, con unas miras encaminadas no sólo a reducir los costes de producción, con los necesarios incrementos cuantitativos y cualitativos del producto transformado, sino también a la revalorización de los subproductos y productos derivados, así como a la depuración de los residuos.

Es cierto que la depuración no es una inversión de carácter productivo, sino de carácter social, que aumenta los costes de gestión y, por tanto, agrava la situación del sector oleícola y exige un nuevo esfuerzo a los productores.

En el sector olivarero, si bien existe entre los productores el claro conocimiento del elevado riesgo ambiental inducido por la carga contaminante de las aguas de vegetación y la gran dificultad de verterlas de forma sencilla, se ha producido una situación de estancamiento en la difusión de las plantas de depuración. Esta situación está determinada por la continua prórroga de la definitiva aplicación de las leyes, por los elevados costes de adquisición y de gestión de las instalaciones de depuración y, por último, por la falta de claridad, tanto de los organismos dedicados al control como a la investigación, sobre los daños reales provocados en el ambiente con el vertido de los residuos oleícolas.

Antes de examinar la posibilidad de reutilizar los residuos mencionados y, en especial, la tecnología de vertido de los líquidos en el terreno, conviene precisar que este problema no se ha estudiado nunca con detalle. En efecto, en función del estrato y de la naturaleza del terreno agrícola debe precisarse e identificar si el terreno logra funcionar como filtro y si está en condiciones de retener las sustancias orgánicas e inorgánicas en suspensión y disueltas en el residuo. En segundo lugar, hay que identificar de modo concreto las modificaciones específicas inducidas en el terreno por diversos volúmenes de regadío, tanto desde el punto de vista de la composición, como de la estructura. No hay que olvidar, por otra parte, los problemas de acumulación de la sustancia orgánica no estabilizada en el terreno; por tanto, el eventual resultado positivo, incluso en años posteriores, del efecto nutricional sobre las plantas cultivadas no representa, ciertamente, un motivo válido para justificar el vertido de las aguas en el terreno.

Todo esto, unido a la introducción de instalaciones basadas en tecnologías muy sencillas, ha creado una situación de espera que requiere una mejor definición de los sistemas de tratamiento y de intervención, en relación también con la presencia más o menos concentrada de las instalaciones de extracción en el territorio.

## **EXIGENCIAS DE LOS TRATAMIENTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES**

La moda que se ha extendido de producir según una agricultura biológica ha impulsado a muchos investigadores a la elaboración de modelos que utilizando la sustancia orgánica como principal elemento nutricional tratan de identificar los principales flujos de cada elemento nutritivo con objeto de definir y mejorar su ciclo. Si desde un punto de vista del equilibrio ambiental, este principio puede considerarse válido y, por consiguiente, debe proseguirse, sin embargo no debe estimular a una excesiva utilización de tales prácticas, ya que se corre el riesgo de introducir en el

terreno, y por tanto parcialmente en los cuerpos receptores superficiales, sustancias orgánicas poco estables y que por ello contengan también pequeños porcentajes de elementos nutricionales que pueden determinar situaciones de toxicidad en el terreno o de eutrofijación de los cursos libres. Piénsese que sólo 4 ppm. de fósforo total determinan situaciones de eutrofijación de los cursos de agua. Además, los expertos en problemas de biodegradabilidad de la sustancia orgánica en el terreno formulan unos criterios de difícil evaluación sobre la efectiva posibilidad de definir los coeficientes de biodegradación real de la sustancia orgánica y de formación de las sustancias húmicas.

Por tanto, hablar de sustancia orgánica en el terreno significa necesariamente afrontar el problema de su evolución y de la posterior formación de las sustancias húmicas. Estas sustancias se derivan de procesos de degradación química y biológica de los residuos vegetales, así como de la actividad de síntesis de los microorganismos; los compuestos así formados resultan más estables que los productos de partida.

A pesar de lo mucho que se ha investigado en este sector apenas se han aclarado los tiempos y los modos de evolución de la sustancia orgánica en el terreno. En realidad, sólo el humus representa una sustancia estable, que constituye un importante factor de fertilidad, por lo que parece oportuno, desde el punto de vista ambiental y para los residuos con elevada carga orgánica, efectuar su depuración y, eventualmente, destinar los lodos obtenidos, previa mezcla con otros subproductos de naturaleza orgánica, a la producción de abonos vegetales fermentados, producidos en instalaciones específicas y a distribuir después en forma bastante estable en el terreno.

Por consiguiente, después de examinar la tecnología y las instalaciones disponibles en la actualidad para el vertido de las aguas de vegetación, se describirá la tecnología y una instalación para la transformación del concentrado en abono fermentado.

## **INSTALACIONES DE DEPURACION**

Son numerosos los sistemas de tratamiento propuestos, tantos que en un censo reciente se ha descubierto la existencia de más de 90 firmas constructoras de instalaciones de depuración para la descarga de las almazaras.

Ante todo, conviene señalar que, en relación con la elevada carga contaminante del residuo, en general, no es suficiente una única fase de tratamiento, sino que se requieren dos o más tratamientos lo que hace más compleja la instalación de depuración.

En efecto, no cabe pensar en reducir una carga contaminante de cerca de 50.000-100.000 COD con instalaciones sencillas, lo que ha inducido a los operadores a pensar que no existen sistemas de tratamiento idóneos y, a buscar una tecnología milagrosa que pueda transformar un problema complejo en uno sencillo.

La consiguiente dificultad, indicada anteriormente, está relacionada con la escasa biodegradabilidad del residuo, por lo que no son aconsejables los sistemas

biológicos tradicionales dado que no son suficientes para degradar por completo la sustancia orgánica contenida en el residuo y, por tanto, puede utilizarse sólo para reducir parcialmente la carga contaminante, en una cantidad no superior al 25-30%.

Por consiguiente, la instalación de depuración debe prever uno o más sistemas de tratamiento (químico, físico o químico-físico) que eliminen las sustancias no degradables biológicamente, seguidos en general de un tratamiento biológico final.

Las tecnologías propuestas prevén la solución del problema mediante dos líneas de intervención diferentes:

- instalaciones de grandes dimensiones a instalar en plataformas depurativas intercomunales o de consorcios de oleifactores;
- instalaciones de media (o pequeñas) dimensiones por almazara.

Las instalaciones de pequeñas dimensiones tienden a reducir, en general, los costes de adquisición, simplificando el sistema de tratamiento y eliminando la recuperación de los subproductos, con una elevación de los gastos de energía; no obstante, estas soluciones prevén normalmente la utilización de combustibles renovables a bajo costo.

Las instalaciones para plataformas, en cambio, tienden a mejorar el proceso de tratamiento, con la automatización del proceso, la recuperación de los subproductos y el añadido de las instalaciones a la depuración de los residuos civiles.

Las instalaciones para plataforma, si por una parte, reducen los costes de ejercicio y pueden proporcionar una gestión más racional y fácilmente controlable, tienen el coste añadido del transporte de los residuos desde la unidad de producción oleícola hasta la del tratamiento del residuo.

Además, pueden preverse unos costes añadidos por la gestión administrativa de tales plataformas.

Por tanto, se considera que la solución óptima podría consistir en la disponibilidad, en un próximo futuro, de instalaciones de extracción oleícola de mayores dimensiones que, al reducir los costes de transformación, podrían incluso administrar depuradoras de mayores dimensiones y por ende más económicas y racionales.

En el estado actual, aunque se dispone de numerosas tecnologías, en cambio no existe una experimentación prolongada de las instalaciones a escala real, ya que la prórroga concedida por la legislación italiana, para la descarga controlada de los residuos en suelo agrario, ha hecho desistir a los operadores de tener en funcionamiento las instalaciones disponibles. Por tanto, son escasos también los datos existentes sobre los costes reales de gestión de las instalaciones de depuración.

Entre las varias soluciones propuestas en la actualidad existen ya numerosas tipologías que se relacionan a continuación.

### **Instalaciones de concentración térmica sin recuperación energética**

Las instalaciones mencionadas funcionan con los principios de desecación, incineración o evaporación. En este último caso es necesario prever una instalación biológica final para el tratamiento del residuo evaporado. En los tratamientos de in-

cineración y desecación es indispensable, en cambio, controlar con atención las descargas gaseosas en la atmósfera.

En general, estas instalaciones se proponen para almazaras y aunque presentan unos elevados consumos energéticos, tienen unos costes de ejercicio aceptables por la sencillez de la instalación, la utilización de combustibles sólidos a bajo coste y el reducido coste de amortización.

### **Instalaciones de concentración térmica con recuperación energética y de los subproductos**

En general, la recuperación de los subproductos por concentración térmica se realiza en instalaciones de efecto múltiple, con destilación bajo grado parcial de vacío que permite reducir el consumo de energía y recuperar tanto los líquidos de baja ebullición (alcohol etílico procedente de la fermentación de los azúcares) como el concentrado, que puede utilizarse de diversas formas. Estas instalaciones se aconsejan para plataformas depurativas, ya que la optimización del proceso, si por un lado provoca un aumento del coste de adquisición por la complejidad tecnológica de la instalación por otro lado permite reducir los costes de ejercicio. Además, la recuperación de los subproductos permite obtener una economía en la gestión de la instalación con el aprovechamiento, tanto de las flemas alcohólicas, como de los concentrados ricos en sustancias orgánicas (azúcares, proteínas, grasas, polifenoles, etc.). Si estas instalaciones se gestionan racionalmente pueden hacer que los costes energéticos sean muy bajos y, por consiguiente, los de ejercicio, incluso para los sistemas automáticos de conducción de las instalaciones.

El residuo final tiene una carga de unos 1.000-2.000 mg/l. de COD, lo que hace necesario un tratamiento biológico final.

### **Instalaciones de filtración al vacío y posterior tratamiento con membrana**

La filtración al vacío permite una gran disminución de la carga contaminante, por lo que acoplado este proceso a un posterior tratamiento de ósmosis o de ultrafiltración, se logra reducir, casi por completo la carga contaminante.

Las ventajas de este sistema consisten en una instalación relativamente sencilla, con un funcionamiento casi automatizado.

El residuo final tiene una carga de unos 1.000-1.500 mg/l de COD, lo que requiere un tratamiento biológico final. La mayor parte del material biológico queda retenido en la torta de orujo.

Existe algún problema en la gestión del concentrado, obtenido del segundo tratamiento de ósmosis o de ultrafiltración, que se presenta en fase líquida.

La instalación se presta a soluciones modulares utilizables tanto por las almazaras como por plataformas depurativas.

Existen muchas otras soluciones, propuestas por investigadores o por empresas constructoras, que prevén tratamientos de ultrafiltración o concentración y posterior ósmosis.

La tipología de estas instalaciones es tan diversa que no pueden darse indicaciones concretas sobre la funcionalidad real de las mismas. Sin embargo, conviene manifestar que en dichas instalaciones se ha comprobado un buen funcionamiento del sistema inicial de remoción de la fase sólida, ya que las membranas, sobre las que se envía el residuo sin un tratamiento previo, tienden a atascarse rápidamente. Además, en todas las instalaciones existe el problema del vertido o tratamiento del concentrado derivado de la ósmosis.

### **Instalaciones con tratamientos químico-físicos de alcalinización y precipitación con cal**

En la actualidad, se propone también una solución que prevé un tratamiento químico de alcalinización y precipitación con cal mediante un proceso con múltiples fases.

Después, el residuo debe sufrir un tratamiento de terminación antes de darle su destino final.

Este sistema determina la formación de muchos lodos que se tratan convenientemente, por lo que este sistema no parece aconsejable.

### **Instalaciones biológicas anaeróbicas y microbiológicas**

La utilización de los sistemas anaeróbicos para la depuración de los residuos tiene gran interés, si bien su utilización en instalaciones que funcionen a escala real aún una atenta evaluación científica.

Lo mismo puede decirse de las instalaciones que basan su funcionamiento en el principio de reducir parcialmente su carga contaminante con microorganismos que pueden producir enzimas u otros productos de gran interés.

En efecto, la recuperación de los productos mencionados (biomasa proteica, enzimas, polifenoles, etc.) requiere la puesta a punto de instalaciones sofisticadas, con unos costes de inversión y de ejercicio bastante elevados, por lo que deberá comprobarse la conveniencia económica de tal utilización. Por tanto, si por un lado esta temática presenta un elevado interés científico, en cambio parece prematuro su empleo y utilización en instalaciones a escala real.

### **Consideraciones sobre la elección de las instalaciones**

Del análisis realizado sobre los diversos tipos de instalaciones disponibles en la actualidad parecen desprenderse las siguientes consideraciones.

Ante todo, es importante subrayar que no conviene que se dote de plantas de depuración a las pequeñas industrias de transformación oleícola, sino que éstas deberán enviar sus aguas a instalaciones de depuración en consorcio.

Dada la exigencia de que se lleve a cabo una radical reestructuración de dichas instalaciones, en unidades de mayores dimensiones, para la instalación de una planta de depuración es necesario que las aguas residuales a verter tengan un caudal horario

no inferior a 0,3-0,5 m<sup>3</sup>/h, correspondiente a una capacidad productiva de las instalaciones de 300-1.000 kg/h de aceitunas transformadas.

De los análisis de los resultados experimentales obtenidos por el Instituto de Mecánica Agrícola de Bari, publicados en otras notas científicas, puede deducirse que para tales dimensiones de las instalaciones parece oportuno dirigirse hacia soluciones constructivas que utilicen el principio de depuración con membrana (de ultrafiltración y de ósmosis) con soluciones que prevean la ejecución de un primer tratamiento con filtro al vacío en el caso de que el residuo seco sea superior al 4%. Si la sustancia orgánica se diluye suficientemente puede evitarse la filtración al vacío e insertar, en cambio, antes de la instalación de membrana un tratamiento químico-físico.

En las plataformas depurativas, cuya capacidad de elaboración no sea inferior a 4 m<sup>3</sup>/h, resulta útil el empleo de instalaciones de concentración térmica con recuperación de energía y de los subproductos.

En este tipo de instalaciones no debe excluirse el uso de las membranas, eventualmente incluso acopladas a las instalaciones de concentración térmica, mediante plantas mixtas que podrían garantizar una mejora energética de los procesos y una mayor recuperación de los subproductos.

## **ACTUACIONES CONSERVADORAS PARA EL TRATAMIENTO DE LOS CONCENTRADOS**

Se considera conveniente recordar, ante todo, que la organización productiva de tipo industrial que ha caracterizado la agricultura de los últimos veinte años ha producido profundos fenómenos de degradación ambiental debidos a una alteración de los equilibrios del ecosistema. Estas alteraciones, no previstas, han estimulado la elaboración de nuevas teorías productivas basadas en la recuperación y reutilización, mientras que se ha abandonado por completo la basada en la simple restitución de los elementos nutritivos utilizados por el cultivo, puesto que se ha reconocido universalmente el papel desempeñado por la sustancia orgánica como componente de acción múltiple y esencial de la fertilidad del suelo.

Además, se precisa que la utilización alimentaria de las producciones agrícolas, así como la elevada concentración del usuario, que con frecuencia se localiza a centenares de kilómetros del lugar de producción, representa un momento de grave interferencia en el ciclo de los elementos fundamentales para el crecimiento de los cultivos, cuyas áreas de producción, al no ser ya las de utilización, resultan empobrecidas. Considerando que una interferencia posterior está provocada por las modalidades de vertido de los residuos urbanos que, si son sólidos se incineran o se almacenan en descarga, mientras que si son líquidos se someten a oxidación biológica y los lodos producidos son irremediablemente vertidos en descarga, la alteración del ciclo de los elementos parece todavía más grave. Por consiguiente, la interferencia provocada en el sistema agroalimentaria resulta tanto más grave y requiere actuaciones adecuadas con el objeto de no alcanzar una perfecta integración entra la producción y los usuarios manteniendo en los límites de lo permitido el balance or-

gánico y mineral en equilibrio, para evitar tener que intervenir necesariamente con dosis masivas de fertilizantes cuyas acciones colaterales son bien conocidas.

Sin embargo, todas estas consideraciones no deben inducir a error, en el sentido de que lo dicho no significa querer oponerse al libre movimiento de las mercancías en los mercados, ni, como ha sucedido últimamente, querer sostener que las depuradoras han provocado más daños en el ambiente de los que hubieran producido los residuos no tratados. Por el contrario, lo que se intenta sostener es la necesidad de intervenir, para el vertido de los residuos, con acciones integradas y encaminadas no sólo a reducir la carga contaminante sino también a recuperar las sustancias presentes en las aguas con objeto de reinsertarlas en el ciclo productivo del cultivo.

Volviendo a la depuración de los residuos de las industrias agroalimentarias y, en especial, al vertido de las aguas de vegetación, parece necesario que las actuaciones se realicen con esta lógica, es decir transformando la carga contaminante de forma tal que salvaguarde el ambiente y al propio tiempo no destruya un posible agente de fertilidad del terreno.

Por este motivo, está en vías de realización, para las aguas de vegetación, la última fase de tratamiento que, por una parte, permitirá el vertido completo de los lodos producidos con la concentración térmica o por ósmosis, y por otra permitirá producir abonos orgánicos fermentados que se reutilizarán para fertilizar las áreas productivas.

### **Producción de un abono orgánico fermentado a partir del lodo procedente de la depuración de las aguas de vegetación**

Después de la depuración, con exclusión de la combustión directa, los productos obtenidos del tratamiento son un residuo depurado y un lodo con residuo seco y una composición variable en relación con el tratamiento efectuado. La composición química del residuo debe responder necesariamente a las características que aparecen en las tablas «A» o «C» de la Ley núm. 319/76, mientras que el concentrado, que presenta un residuo seco variable en el campo de los valores comprendidos entre 20 y 50% según las tecnologías empleadas, contiene todas las sustancias orgánicas, nitrogenadas y minerales típicas en las aguas de vegetación de origen, por lo que puede considerarse un abono potente, sobre todo para materiales muy pobres en elementos minerales como el potasio y el magnesio.

De acuerdo con estas características está en vías de experimentación la realización de un proceso de compuestos para transformar el lodo producido en las instalaciones de depuración, mezclado con otras sustancias, en un abono orgánico fermentado, con objeto de efectuar una transformación microbica de la sustancia orgánica contenida en el lodo en un ambiente controlado por lo que se refiere al grado higrométrico y a la temperatura. Además, operando en condiciones idóneas resulta posible estabilizar la sustancia orgánica rápidamente y sin correr el riesgo de contaminar la superficie y el sustrato donde se opera. Por tanto, a diferencia del vertido directo de las aguas sobre el terreno, el proceso de humificación realizado en condiciones controladas en una instalación construida siguiendo criterios de máxima sanitización y respeto ambiental, no genera ninguna duda sobre los posibles efectos nocivos para el ambiente tanto en breve como a largo plazo. Por el contrario, brinda

la posibilidad de transformar, junto con otros subproductos agrícolas, el concentrado en un abono orgánico, especialmente útil en terrenos pobres, en sustancia orgánica y en estado de avanzada degradación estructural en relación con el intenso aprovechamiento productivo.

Las materias primas que se espera utilizar en el proceso de producción del compuesto están muy difundidas en las áreas agrícolas en las que se cultiva el olivo, puesto que se trata de residuos de los cultivos cereal y hortícola que, con frecuencia, como sucede en Puglia, están ampliamente disponibles ya que no encuentra ninguna utilización (cfr. Cuadro I).

Cuadro I  
**Datos sobre los residuos de los cultivos cereal y hortícola en Puglia**

Cultivo	Biomasa producida	Biomasa utilizada en la actualidad		Tipo de utilización actual	Biomasa no utiliz. en la actualidad	
	(000 t)	(000 t)	(%)		(000 t)	(%)
Paja de trigo	1.262,6	1.055,9	84	uso zootecn.	206,7	16
Paja de avena-cebada	153,0	137,7	90	uso zootecn.	15,3	10
Plantas de alcachofa	449,5	119,0	26	uso zootecn.	330,5	74
Hojas y pieles de remolacha azucarera	463,2	231,6	50	uso zootecn.	231,6	50
Plantas de tomate	295,1	—	—	—	295,1	100
Plantas de otros cultivos herbáceos	544,8	—	—	—	544,8	100
<b>TOTAL</b>	<b>5.604,7</b>	<b>2.387,1</b>	<b>43</b>	—	<b>3.217,6</b>	<b>57</b>

En relación con las características cualitativas de las materias primas conviene precisar que, al tratarse de subproductos de origen orgánico-vegetal, se valora atentamente el contenido de elementos nutritivos indispensables para la activación y desarrollo de los procesos de descomposición de la sustancia orgánica (cfr. Cuadro II).

Cuadro II  
**Elementos nutritivos presentes en los materiales a emplear en la producción del compost (en porcentaje de la sustancia seca)**

Materiales	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
Paja	0,4	0,1	0,8	0,1
Residuos vegetales	0,8	0,3	0,3	0,7
Estiércol bovino	0,4	0,2	0,5	0,4
Estiércol ovino	0,8	0,2	0,6	0,3
Estiércol porcino	0,5	0,7	0,5	0,4
Estiércol de pollo	1,7	1,6	0,9	2,0
Concentrado	0,4	0,6	0,6	0,4

Con objeto de evaluar el método de tratamiento que ha de adoptarse se considera oportuno recordar ante todo que la ley núm. 748 del 19-10-84 establece que por «Abono vegetal compuesto» debe entenderse un «producto fermentado derivado de una mezcla de sustancias de origen vegetal que puede contener desechos de origen animal y/o sustancias minerales y/o sustancias inertes y en el cual el contenido de turba es inferior al 30% de las sustancias vegetales totales».

Por otra parte, para obtener un producto equilibrado desde el punto de vista orgánico está prescrito que el mencionado compost tenga las siguientes características:

- un contenido mínimo del 20% de sustancia orgánica sobre tal cual;
- un contenido mínimo del 30% de sustancia orgánica sobre el seco;
- un valor máximo de 55 en la relación Carbono/Nitrógeno (C/N);
- un contenido máximo de nitrógeno (N) del 3% sobre la sustancia seca.

Estos límites deben respetarse necesariamente con objeto de contemporizar las exigencias de carácter productivo y agronómico con la reglamentación existente para conceder autorización para producir y comercializar abonos orgánicos fermentados.

### **Tecnología propuesta para la producción de abonos orgánicos fermentados**

En la actualidad, está en curso una experimentación relativa a la preparación de abonos orgánicos fermentados, con un prototipo de fermentador proyectado por el Instituto de Mecánica Agraria y realizado con ayuda de empresas locales. En el fermentador, de una capacidad de unos 0,4 m<sup>3</sup>, dotado con un sistema para el control y la regulación de la cantidad de oxígeno y de la temperatura de la masa, se realiza una prueba de fermentación sobre un material obtenido del triturado de la paja, mezclado con concentrado de agua de vegetación, al que se ha añadido elementos minerales para llevar la relación carbono/nitrógeno a valores próximos a 25.

Esta prueba experimental está encaminada a poner a punto una tecnología industrial que permita resolver de la mejor forma los siguientes problemas técnicos básicos:

- Obtener, mediante una cuidadosa selección de las materias primas y el uso de instalaciones de ventilación, de control termohigrométrico y de movimiento del producto, mezclas con propiedades físicas y químicas apropiadas en la cápsula de una fermentación aeróbica;
- Asegurar, mediante la selección de las materias primas, una dimensión apropiada de los montones, un uso prudente del concentrado en el mezclado con los otros subproductos y un movimiento programado de las masas, unas condiciones rigurosamente aeróbicas en todos los puntos y durante todo el tiempo necesario para la transformación;
- Variando la forma de los montones, la aireación de los ambientes y, por tanto, el grado de dispersión o conservación del calor, permitir que las masas en fermentación alcancen la temperatura necesaria bien en la sanitización del producto, bien en su maduración; se dedicará especial atención a superar la

temperatura y/o el tiempo prescritos, para la sanitización, por la Deliberación del Comité Interministerial del 27/07/84 del D.P.R. núm. 915 del 19/10/82;

- Obtener un producto final con características analíticas en los límites de las prescripciones de la ley (Ley núm. 748 del 19/10/84).

En el proceso industrial la mezcla de las materias secundarias se efectuará mediante el uso de un carro semoviente cortamezclador provisto de un sistema de pesado electrónico digital.

Utilizando un expandidor de estiércol, capaz de producir en el momento del vertido una intensa aireación del material, la mezcla obtenida se colocará en montones para que actúe una fase de intensa fermentación termófila.

Está previsto que los montones tengan una sección trapezoidal con unas dimensiones medias que se determinarán según las distintas estaciones del año en relación inversa con la temperatura ambiente. En especial, se estudiará el sistema de ventilación y el de eventual cobertura para permitir que la masa en fermentación alcance rápidamente y conserve, durante un período de 4-5 días, una temperatura de 55-60° C.

En efecto, unas temperaturas y/o tiempos inferiores a los indicados podrían no ser idóneos por completo para la sanitización del producto, mientras que temperaturas o tiempos superiores provocarían un excesivo consumo del material orgánico y un empeoramiento de la calidad del abono obtenido.

A la fase de fermentación, para la que se prevé una duración de 30 días, debería seguir una segunda fase de maduración y estabilización del producto.

Para el material ya estable y con temperatura semejante al ambiente se prevé un almacenamiento, antes de las operaciones de tamizado y análisis necesarias para la comercialización.

### **Cantidad y características del abono producido**

Los residuos empleados en la formación de las mezclas y su tipología serán los siguientes:

- Paja, tallos y vainas de maíz, hojas, materiales fibrosos de origen vegetal.
- Residuos agro-alimentarios.
- Fangos biológicos de industrias agroalimentarias de composición química controlada.
- Deyecciones animales.

La mezcla que se someta a fermentación podrá tener las siguientes características:

Humedad	65%
Sustancia orgánica	17%
Cenizas	18%
Relación C/N	25
N total	0,34%

Se supone que el proceso fermentativo de la primera fase determina la pérdida del 65% del agua y del 30% de la sustancia orgánica. Dada la composición de la mezcla no se prevé ninguna pérdida de nitrógeno. Por tanto, con un peso inicial igual a 52, tenemos la siguiente composición media:

	Composición mezcla inicial %	Pérdida 1.ª fase	Residuo después de la 2.ª fase	Composición prod. después de la 1.ª fase %
Humedad	65	42,25	22,75	43,2
Sust. org.	17	5,1	11,90	22,6
Carbono	8,5	2,55	(5,95)	11,3
Nitrógeno	0,34	0	(0,34)	0,64
C/N	25	–	–	17,6
Cenizas	18	–	18	34,2

De acuerdo con las experiencias preliminares realizadas en laboratorio, y que han de verificarse aún sobre la base de los primeros datos obtenidos en el curso de la experimentación en la planta piloto, se supone que el producto final tendrá las siguientes características, en línea con los parámetros de la Ley:

– Humedad	35,2%	
– Sustancia seca	64,8	
– Sustancia orgánica	25,8%	39,8% s.s.
– C	12,9%	
– N	0,74%	1,14% s.s.
– Relación C/N	17,4	
– Cenizas	39,0%	

De la descripción del ciclo de elaboración se desprende que el proceso se basa en la fermentación aeróbica de los subproductos agrícolas y lodos derivados de las depuradoras de almazaras por lo que no habrá producción de ninguna sustancia de tipo tóxico, ni filtración selectiva del alpechín o escorias contaminantes; en efecto, se tomarán todas las precauciones posibles para la protección del ambiente, en el sentido de que las áreas de fermentación se apoyarán sobre una plataforma de contención impermeabilizada provista de colectores periféricos para la eventual recogida y traslado de los residuos resultantes a los depósitos de almacenamiento. El proceso termófilo en relación con la temperatura alcanzada en el túnel prevé, en efecto, por un lado la esterilización del producto con la eliminación de los microorganismos patógenos, y como consecuencia del tipo de proceso desarrollado, la formación de cantidades limitadas de lo filtrado que serán redistribuidas en la masa de los residuos de fermentación.

Por último, con objeto de impedir que unas condiciones anormales de fermentación puedan provocar fermentaciones anaeróbicas con producción de gases

nocivos, se dispondrán mecanismos de control para la oxigenación (aireación) de la masa en fermentación.

De cuanto se ha dicho, se desprende que no existe peligro de contaminación o de degradación ambiental en una instalación para el vertido de los lodos procedentes de la depuración de los residuos de las almazaras, considerando, además, que la tecnología que se prevé utilizar es de tipo conservador; en efecto, con excepción de la energía eléctrica para los compresores de aire, se realiza empleando únicamente energías alternativas.

## CONCLUSIONES

El análisis realizado sobre la actual situación de las instalaciones de depuración de los residuos oleícolas ha puesto de relieve los notables esfuerzos realizados tanto por los investigadores como por los empresarios en estos últimos años.

Frente a una multiforme presencia de soluciones tecnológicas, no existe sin embargo una experimentación adecuada a escala real de los prototipos, ya que las continuas prórrogas concedidas por la ley que regula la descarga de los residuos han desaconsejado a los fabricantes que se provean de instalaciones o que hagan funcionar las ya existentes.

Por consiguiente, parece oportuno que se hagan las oportunas inversiones, tanto para la construcción de las instalaciones, como para la posterior homologación y gestión controlada, con intervenciones públicas a través de asignaciones adecuadas.

En consecuencia, parece ilógico que en Italia se haya prorrogado de nuevo la ley, sin prever, por otra parte, financiaciones adecuadas para las plantas que deberán instalarse necesariamente.

Por otro lado, esta situación, confusa y sin una línea bien definida, ciertamente no ayuda a los productores sino que más bien perjudica a quienes han efectuado importantes inversiones en la investigación y puesta a punto de instalaciones de depuración, que, si teóricamente parecen dimensionadas y correctamente construidas, requieren una homologación correcta y la verificación en el campo.

Por tanto, se considera conveniente que cuanto antes se disponga una programación idónea encaminada a promover una experimentación controlada de la funcionalidad de las instalaciones de depuración a escala real y a definir las inversiones necesarias, con objeto de lograr, mediante las financiaciones públicas adecuadas, una completa reestructuración del sector oleícola con la introducción de plantas de molienda de mayores dimensiones y con la reestructuración de las almazaras menos vetustas para mejorar su eficacia, integrando en tal lógica las iniciativas inherentes a las instalaciones de depuración.

Estas plantas deberían instalarse preferiblemente en consorcios de cooperativa o en instalaciones oleícolas de gran capacidad de trabajo, en las zonas de una producción olivarera más intensa, recurriendo a la construcción de plataformas depurativas que puedan desempeñar la función inicial de experimentación controlada.



# **II TRATAMIENTOS DE ALPECHINES MEDIANTE PROCESOS BIOLÓGICOS**

**JOSE A. FIESTAS (\*)  
R. BORJA PADILLA (\*)**

(\*) Instituto de la Grasa, C.S.I.C. Sevilla (España).



# TRATAMIENTOS DE ALPECHINES MEDIANTE PROCESOS BIOLÓGICOS

José A. Fiestas  
R. Borja Padilla

## INTRODUCCION

El problema de la contaminación ambiental, como consecuencia de los residuos producidos por la actividad humana, ha creado en la Sociedad una inquietante preocupación de carácter universal que le obliga a luchar contra los factores que alteran y corrompen su medio vital.

Entre las contaminaciones medioambientales que sufre la Cuenca del Mediterráneo destaca por su importancia la provocada por las aguas residuales procedentes de la industria de obtención de aceite de oliva, cuyo volumen asciende a unos 10 millones de M<sup>3</sup>/año y afecta a la práctica totalidad de su cuenca.

### **Poder contaminante**

En la Tabla I se exponen las características de los alpechines en relación con su poder contaminante. (Fiestas 1977).

De las cifras expuestas en la Tabla I se deduce que con el alpechín, producido en la Cuenca del Mediterráneo se pueden obtener del orden de 800.000 T/año de distintas sustancias con posible utilización posterior que son, precisamente, los causantes de su elevado poder contaminante.

En la presente Ponencia se exponen los diversos estudios, desarrollados para realizar la depuración del alpechín mediante procesos microbiológicos, orientados al mismo tiempo a la obtención de subproductos de interés comercial.

Tabla I

**Características del alpechín en relación con su poder contaminante**

Parámetros	Almazara clásica	Almazara continua
pH	4,5-5	4,7-5,2
D.Q.O	120-130	45-60
D.B.O.	90-100	35-48
S.S. (sólidos en suspensión)	1	9
S.T. (sólidos totales)	120	60
S.M. (sólidos minerales)	15	5
S.V. (sólidos volátiles)	105	55
Grasa	0,5-1,0	3-10
Polifenoles y taninos	2-4	1-2

**DESARROLLO DE MICROORGANISMOS PARA LA OBTENCION DE PROTEINAS**

Entre las sustancias orgánicas, presentes en el alpechín, se encuentran azúcares reductores y no reductores que pueden representar hasta el 8%, siempre y cuando la aceituna se encuentre en buenas condiciones; no atrojada. (Fiestas 1958).

Para aprovechar este elevado contenido en azúcares se desarrolló por el Instituto de la Grasa y sus Derivados un procedimiento para la obtención de proteínas unicelulares, mediante el crecimiento de la levadura «*Cándida útilis*»; ya que el alpechín, por su pH adecuado, contenido en azúcares y sustancia mineral, es un medio muy apropiado para llevar a cabo este proceso. De esta forma los azúcares se transforman en proteínas insolubles con un rendimiento del 50%. Las cuales son muy apropiadas para la alimentación animal, no sólo por su contenido en aminoácidos esenciales, sino también por su elevada concentración en vitaminas del grupo B, pudiendo competir con ventaja con la harina de soja. Independientemente, con esta transformación de los azúcares y otras sustancias en proteínas insolubles, se disminuye el poder contaminante del alpechín entre el 60-70%. El proceso presenta el inconveniente de que los azúcares se degradan rápidamente durante el atrojado de las aceitunas lo que impide su divulgación. (Fiestas 1966).

Ultimamente, se estudia el empleo de hongos en lugar de las levaduras como agentes fermentativos ya que estos metabolizan otros compuestos además de los azúcares. Este hecho puede aumentar el rendimiento, al mismo tiempo que elimina una mayor proporción de sustancia orgánica, lo que mejora la calidad de los efluentes.

Entre los hongos experimentados se encuentran los «*Aspergillus*» y «*Geotrichum candidum*». Como subproducto se obtiene una biomasa de hongos con un contenido en proteínas del 30% de alta digestibilidad, utilizable potencialmente para la alimentación de rumiantes. (Vaccarino 1986).

Igualmente son de resaltar los trabajos sobre la utilización del alpechín como medio de cultivo para la obtención de concentrados enzimáticos pectolíticos para el tratamiento de la masa de aceituna con el fin de favorecer la obtención del aceite de oliva. (Petruccioli y col 1988) (Montedoro 1989).

## **DEPURACION BIOLOGICA**

Han sido numerosas las experiencias para aplicar al alpechín los clásicos procesos de depuración por vía biológica. En todas ellas los resultados obtenidos han sido muy desalentadores por los elevados tiempos necesarios y la escasa eficiencia de los procesos utilizados.

### **Influencia del efecto antimicrobiano del alpechín sobre los procesos de depuración**

La principal causa de este «fracaso» se debe a la elevada concentración de compuestos de naturaleza fenólica que se caracterizan por su elevado efecto antimicrobiano.

De los diversos estudios relacionados con esta acción antimicrobiana del alpechín caben destacar los llevados a cabo por: De Caro y Ligori (1959); Ragazzi y Veronesse (1967); Fleming y Etchells (1967); Juven y Henis (1970), Garrido y Vaughn (1978); Federici y Bongí (1983); Moreno y col (1983); Más y Peinado (1984); Médici y col. (1985); Balice y col. (1986 y 1988); González (1986); Martínez y col. (1986); Ramos Cormenzana (1986); Sainz y Gómez (1986); Sorlini y col. (1986); Borja y col. (1990); Maestro y Borja (1990).

### **Degradación o eliminación de los compuestos fenólicos**

De acuerdo con los estudios realizados por Oka y col. (1971 y 1972); Koikes y col (1979); Fedora y Hrudey (1984); Ramos y col. (1986) Saiz y Gómez (1986) y Borja y col. (1989), los polifenoles del alpechín pueden ser degradados por hongos y bacterias, así como los glucósidos fenólicos, previa hidrólisis enzimática.

Siguiendo estas líneas de trabajo el Instituto de la Grasa y sus Derivados C.S.I.C. (Sevilla) desarrolla un método de bioconversión para la eliminación de los polifenoles presentes en el alpechín utilizando productos biológicos específicos, lo que facilita su posterior tratamiento. (Fiestas y Borja 1988).

## **DEPURACION INTEGRAL DEL ALPECHIN**

A la vista de los buenos resultados obtenidos en la eliminación de los compuestos fenólicos (Borja y col. 1990), se aborda la aplicación sucesiva de los procesos de depuración anaerobios, aerobios y físico-químicos para el tratamiento del alpechín con el objetivo de conseguir un efluente que tenga las características adecuadas para su vertido a cauces fluviales o mares.

De esta forma, mediante la aplicación sucesiva de los procesos:

- Bioconversión.
- Biometanización.
- Tratamiento biológico aerobio.
- Tratamiento físico-químico.

se consigue la depuración integral del alpechín.

## BIOCONVERSION

La aplicación de este proceso tiene como principal objetivo:

recuperar el aceite de oliva emulsionado con el alpechín y eliminar los compuestos fenólicos que dificultan los tratamientos para la depuración de este agua residual por vía biológica.

Con esta bioconversión se consigue:

- La formación de una biomasa lipoproteica que «retiene» la práctica totalidad del aceite de oliva que normalmente se pierde con dicha agua residual.
- La eliminación del 70% del contenido en polifenoles.
- La eliminación de los sólidos en suspensión, sustancias coloidales y parte de las sales minerales.

En la Tabla II se indica la composición media de la biomasa obtenida. En la Figura 1 la cinética de su crecimiento. En la Figura 2 la disminución de la DQO a lo largo de este proceso y en la Tabla III las características del efluente obtenido.

Tabla II

### Composición media de la biomasa lipoproteica

Humedad .....	60%
Aceite de oliva .....	7
Proteína .....	10
Hidratos de carbono .....	11
Minerales .....	12
Rendimiento .....	56 kg/m <sup>3</sup>

Tabla III

### Características del efluente del proceso de bioconversión

pH .....	4,5-5,5
D.Q.O. ....	20.000-30.000 ppm
Sólidos en suspensión ...	Exento

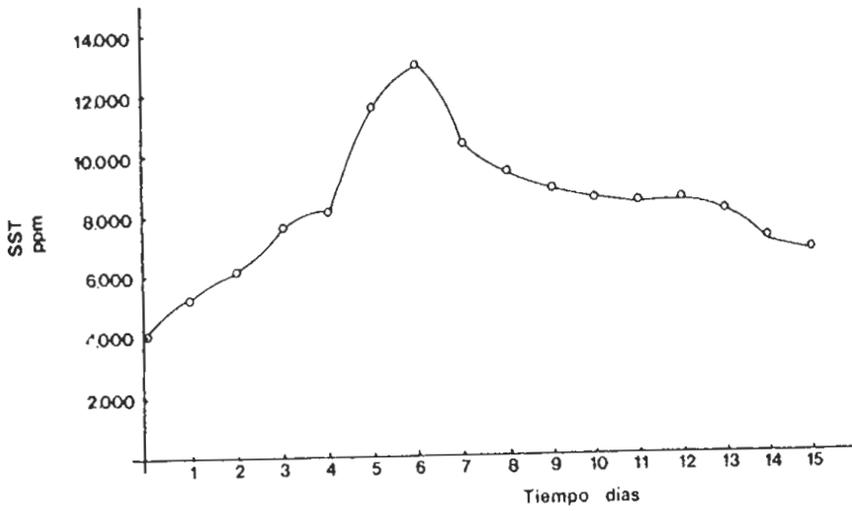


Fig. 1. Variación de los sólidos en suspensión totales (ppm.).

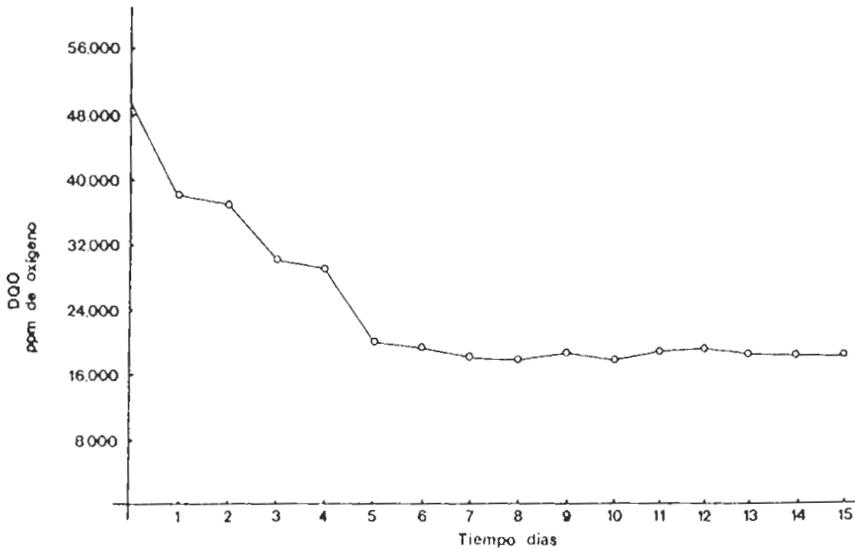


Fig. 2. Variación de la DQO con el tiempo.

## BIOMETANIZACION

El proceso de depuración anaerobia implica la rotura de las moléculas orgánicas hasta su transformación en metano y anhídrido carbónico, por la acción simbiótica de 3 grupos de microorganismos: bacterias hidrolíticas, bacterias acetogénicas y bacterias metanogénicas. Fig. 3.

Desde el punto de vista de la biotecnología una característica de estas bacterias es que no precisan ningún tipo de atención en los períodos de reposo de los digestores, lo cual es de especial relevancia para la aplicación de los procesos de depuración anaerobia en industrias agroalimentarias estacionales.

Este proceso puede tener especial aplicación al caso particular del alpechín ya que por su elevado contenido en sustancia orgánica se puede producir, simultáneamente a su depuración, el biogás suficiente para las necesidades energéticas de las almazaras (calorífica y eléctrica) como se ha puesto de manifiesto por las investigaciones realizadas en el Instituto de la Grasa y sus Derivados C.S.I.C. Sevilla, el Instituto di Ricerca sulle Acqua CNR. Bari y otros.

Antonacci y col. (1981); Aveni y col. (1984); Balice y col. (1985, 86, 87 y 88); Boari y col. (1984 y 86); Borja (1989); Bruneti y col. (1983); Carrieri y col. (1986 y 88); Di Donna y col. (1982); Di Pinto y col. (1983); Fiestas y col. (1979, 81, 82, 88); Hartmann y col. (1984); León y col. (1979); Médici y col. (1985); Nieto y col. (1986); Rozzi y Di Pinto (1986); Salas y Fiestas (1986) Tsonis y Grigoropoulos (1988).

Sin embargo, debido a la presencia de los polifenoles del alpechín que inhiben el desarrollo de los microorganismos los tiempos de residencia hidráulica en los bioreactores tienen que ser muy superiores a los de otras aguas residuales de igual carga orgánica lo que repercute en elevados costos de instalación.

En la Fig.4 se representan las variaciones de la velocidad de formación de metano en experiencias realizadas para demostrar el efecto inhibitor que sobre el proceso anaerobio ejercen los citados polifenoles. (Borja 1989).

Ahora bien, al aplicar la digestión anaerobia al efluente resultante de la obtención de la biomasa lipoproteica no se observa ningún efecto inhibitor, pudiéndose realizar el proceso con tiempos de residencia hidráulicas inferiores a 3 días.

En la Fig. 5 se representa gráficamente los tiempos necesarios para conseguir la biometanización completa del alpechín natural y del efluente resultante de la obtención de la biomasa lipoproteica.

Como se puede apreciar la biometanización del alpechín natural precisa tiempos del orden de 36 días mientras el efluente (alpechín tratado), sólo precisa 4 días.

### Descripción de la instalación anaerobia

Consta de un depósito rectangular hermético. Sus dimensiones deben corresponder a la producción de 5 días de alpechín.

En la parte superior se instala una pequeña campana a la que se acopla una tubería para la salida del biogás producido.

En su interior existen unas piezas especialmente diseñadas para la fijación o inmovilización de las bacterias anaerobias.

En la Fig. 6 se esquematiza este digestor.

La temperatura óptima del proceso es de 35-37° C. Se consigue recirculando el líquido a través de un intercambiador de calor que se alimenta con el agua caliente que proporciona una pequeña caldera que utiliza parte del biogás producido.

En la Tabla IV se señalan las características del biogás obtenido y en la Tabla V las correspondientes al efluente anaerobio.

En la fig. 7 se representa el balance de materias de la depuración anaerobia.

Tabla IV  
**Características del biogás**

Volumen .....	10m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> alpechín
Poder calorífico .....	6.000 kcal/m <sup>3</sup>
Equivalentes energéticos ...	6 kg fueloil/m <sup>3</sup> alpechín 17 kg orujillo

Tabla V  
**Características del efluente anaerobio**

pH .....	7,2-7,5
D.Q.O. ....	4.000-5.000 ppm
Sólidos en suspensión .....	Exento
Eficiencia en la depuración .	80%

Etapas del proceso de metanización

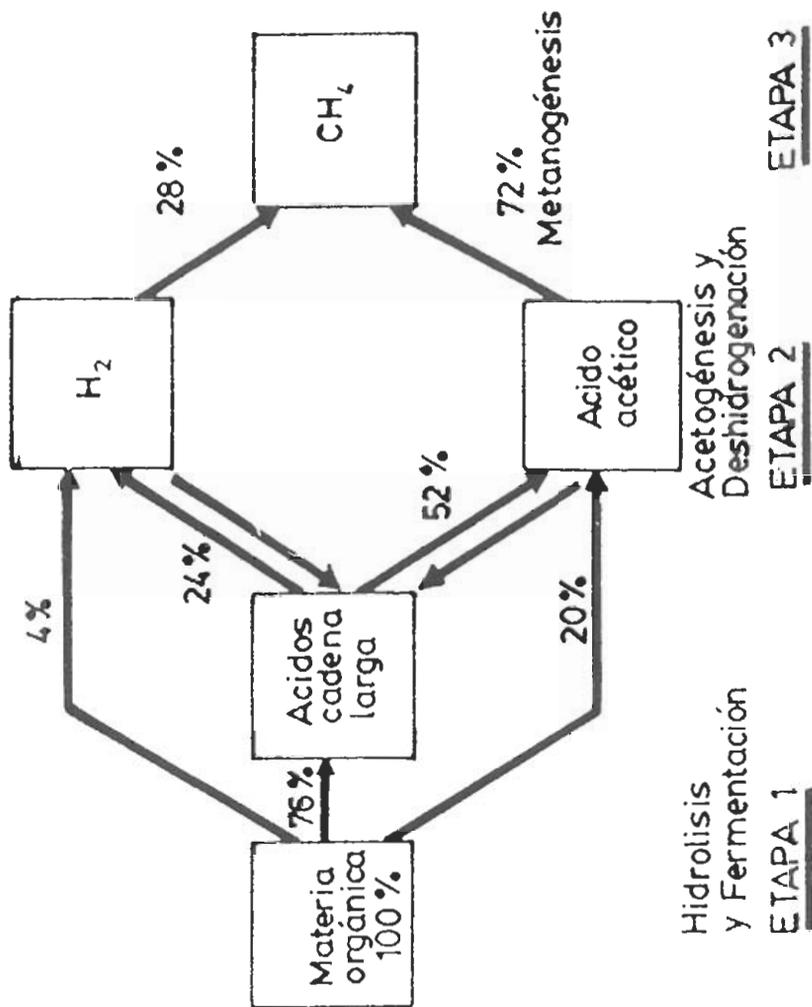


Fig. 3

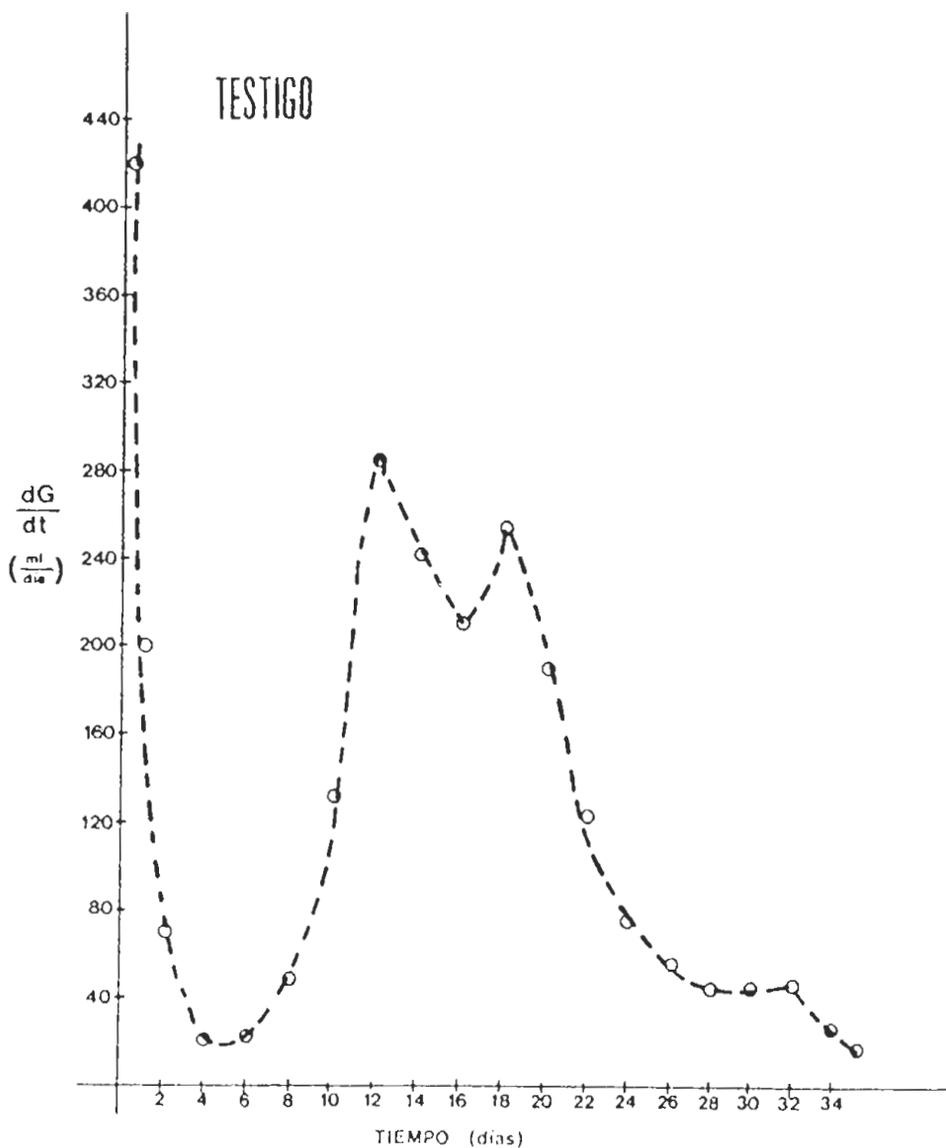


Fig. 4. Variación de la velocidad de formación de metano en función del tiempo.

BIOMETANIZACION DEL ALPECHIN

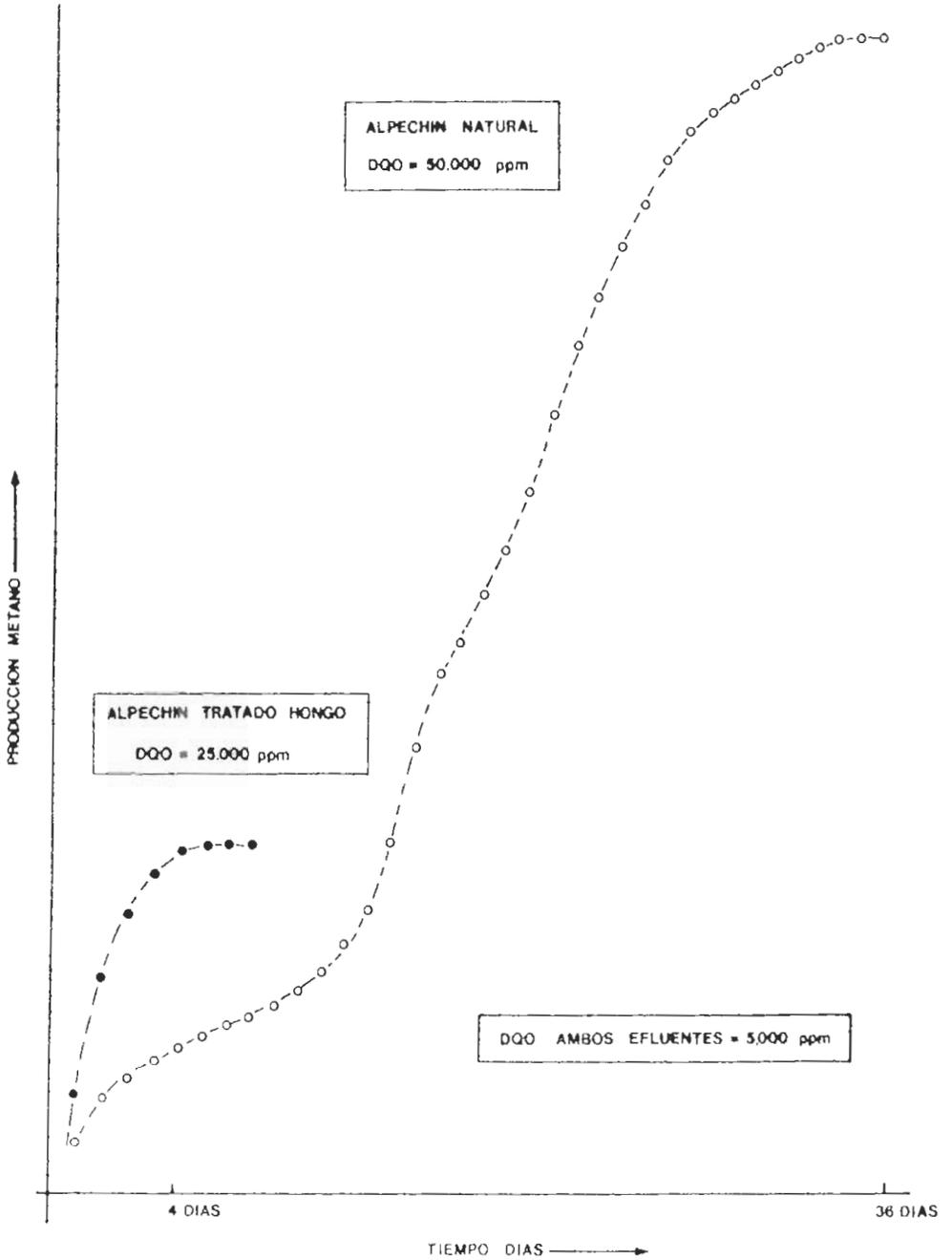


Fig. 5. Tiempos necesarios para la biometanización.

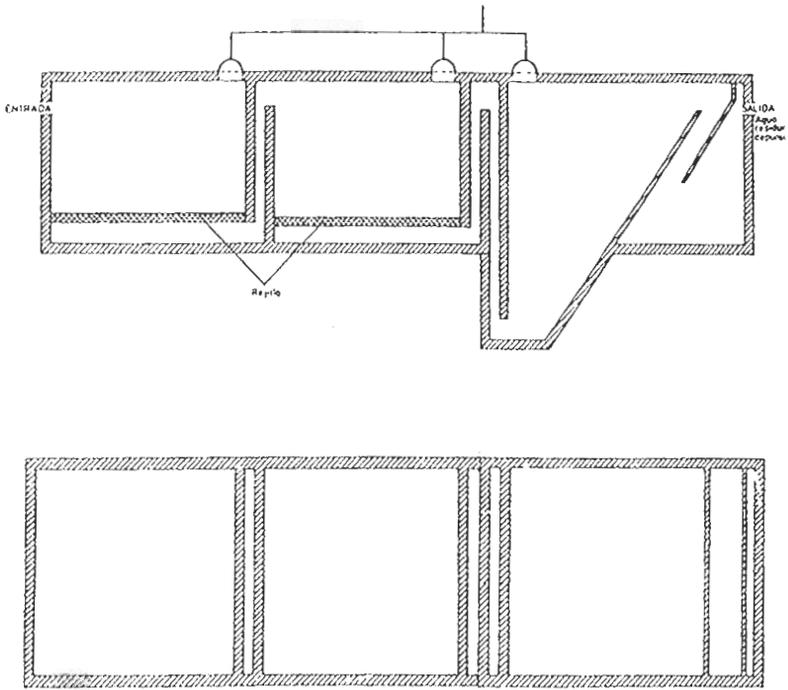


Fig. 6. Esquema digester anaerobio.

BALANCE DE MATERIAS. DEPURACION ANAEROBIA EFLUENTE BIOMASA LIPOPROTEICA

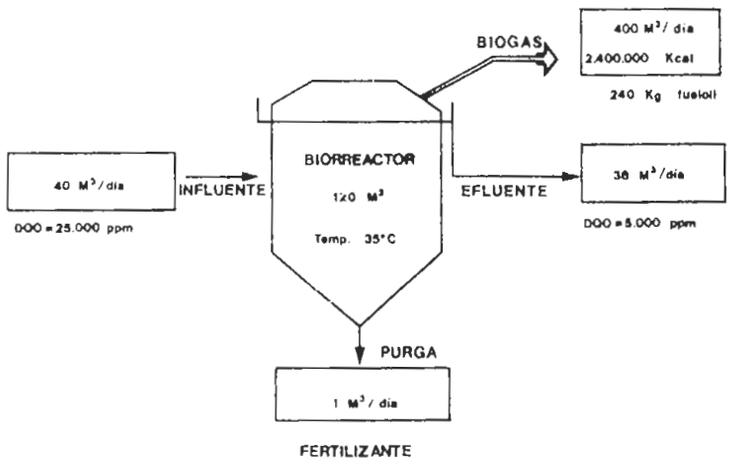


Fig. 7

## TRATAMIENTO BIOLÓGICO AEROBIO

Para disminuir la aún elevada DQO del efluente anaerobio se aplica un proceso aerobio con el fin de activar el desarrollo de la biomasa bacteriana responsable de este sistema de depuración.

En las Tablas VI y VII se exponen las características de la biomasa bacteriana y del efluente aerobio respectivamente.

Tabla VI

### Características de la biomasa bacteriana

Humedad .....	70%
Proteína .....	10
Hidrato de carbono .....	12
Minerales .....	8
Rendimiento .....	3 kg/m <sup>3</sup>

Tabla VII

### Características del efluente aerobio

pH .....	7,0-7,2
D.Q.O. ....	1.000 ppm
Eficiencia en la depuración .....	80%

## TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO

Para eliminar la coloración del líquido resultante del proceso aerobio y al mismo tiempo disminuir su DQO, se aplica un tratamiento físico-químico.

Tabla VIII

### Características del alpechín depurado

pH .....	6,5-7,0
D.Q.O .....	igual o menor 500 ppm
Sales disueltas .....	5-7 kg/m <sup>3</sup>
Coloración .....	Exento

# DEPURACION INTEGRAL DEL ALPECHIN

En la Fig. 8 se esquematizan los procesos biológicos seguidos para llevar a cabo la depuración integral del alpechín así como los tiempos de residencia necesarios para ello.

Como se puede observar el proceso integral de depuración biológica se puede realizar con tiempos de residencia de sólo 11 días para una eficiencia en la depuración del 99,6%.

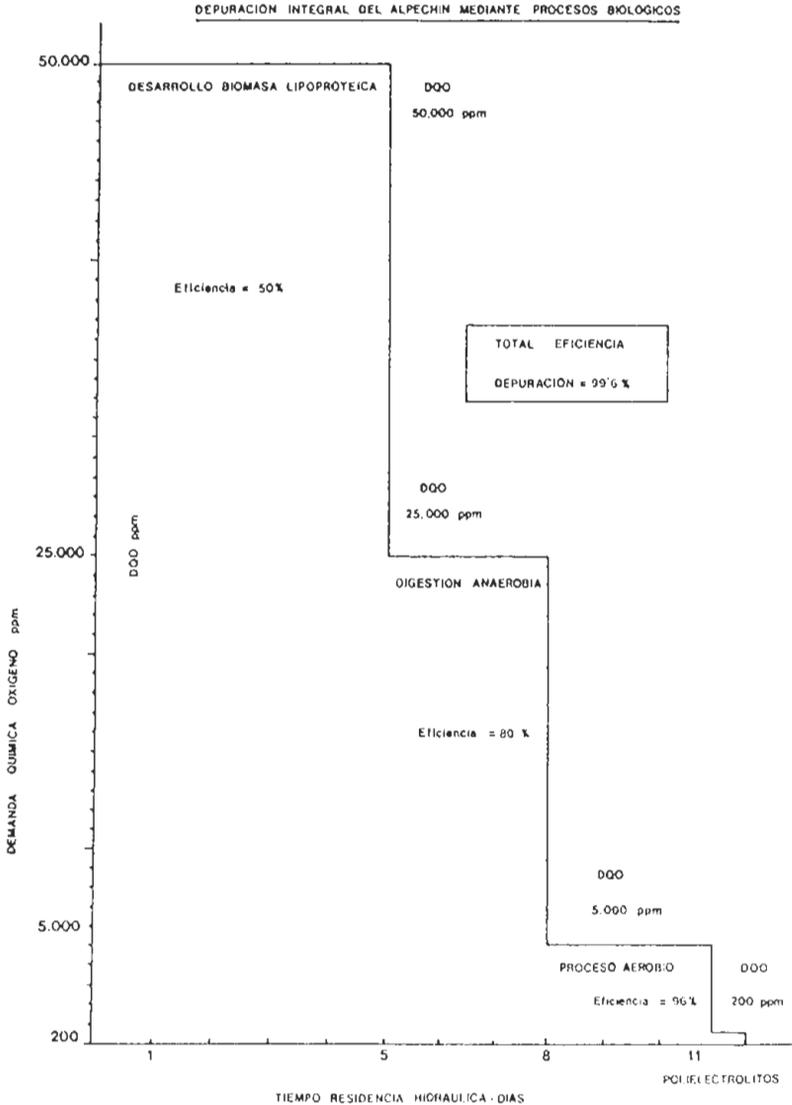


Fig. 8

## RESUMEN

La aplicación del citado proceso hace posible:

- Disminuir desde 50.000 ppm a 25.000 ppm la DQO del alpechín mediante la obtención de una biomasa lipoproteica.
- Disminuir desde 25.000 ppm a 4.000-5.000 ppm la DQO del efluente del proceso anterior mediante su depuración anaerobia.
- Disminuir desde 4.000-5.000 ppm a 500-400 ppm la DQO del efluente anaerobio mediante la aplicación de un proceso biológico aerobio.
- Disminuir desde 500-400 ppm a 200 ppm la DQO del efluente aerobio y obtener su *clarificación total* mediante un tratamiento físico-químico consistente en la adición de pequeñas cantidades de sulfato de alúmina.

Con la aplicación sucesiva de estas tecnologías se obtiene una eficiencia total en la depuración del alpechín del orden del 99,6%.

Independientemente como subproductos de este proceso se obtienen:

- Una biomasa lipoproteica que retiene la totalidad del aceite residual perdido en el alpechín. La obtención de esta biomasa puede hacer a esta fase del proceso rentable o autofinanciable.
- Durante el proceso de depuración anaerobia se obtienen 10 m<sup>3</sup> de biogás/m<sup>3</sup> de alpechín tratado. Ello supone una energía del orden de 60.000 kcal/m<sup>3</sup> de agua residual.
- Al aplicar los procesos aerobios se forma una biomasa microbiana que puede ser utilizada como alimento para el ganado.

### DEPURACION INTEGRAL ALPECHIN

Proceso	Resumen costos/m <sup>3</sup>		
	Gastos	Ingresos	Neto
Bioconversión	513	392	121
Biometanización	130	150	20
Proceso biológico aerobio	124	40	84
Tratamiento físico-químico	103	–	103
	870	582	288
Amortización			400
		<b>TOTAL</b>	<b>688 ptas./m<sup>3</sup></b>

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Antonacci R., Brunetti A., Rozzi A., Santori M. 1981. Trattamento anaeróbico di acque di vegetazione di frantoio. Risultati preliminari. *Ingegneria Sanitaria*, 4, 18.
2. Aveni A. 1984. Biogas recovery from olive-mill wastewater by anaerobic digestion in Anaerobic Digestion and carbohydrate hydrolysis of wastes. G.L. Ferrero, M.P. Ferrantis H. Naveau Eds. Elsevier Applied Science Publishers. Barking, Essex U.K.
3. Balice V.; Carrieri C., Liberti L., Passino R., Santori M. 1985. Trattamento biologico abbinato anaerobico-aerobico delle acque di vegetazione delle olive. *Ingegneria Sanitaria* 33 (2) 69-76.
4. Balice V., Carrieri C., Cera O., di Fazio A. 1986. Natural biodegradation in olive mill effluents stored in open basins. *Proceeding International Symposium on olive by products valorization*. Sevilla March 1986, 101-105.
5. Balice J., Carrieri C., Liberti L., Passino R., Santori M. 1987. Studies in environmental Science 29  
Chemistry for protection of the environment. 1987. Edited by L. Pawlowski, G. Alaerts W.J. Lacy Elsevier pp. 517-527.
6. Balice V., Carrieri C., Cera O., and Rindone 1988. The fate of tannin-like compounds from olive mill effluents in biological treatments.  
*Proceeding Anaerobic Digestion Bologna 1988. 5 th International Symposium*. Eds. ER. Hall and P.N. Hobson. Pergamon Press pp. 275-279.
7. Boari G., Brunetti A., Passino R., Rozzi A. 1984. Anaerobic Digestion of Olive mill wastewaters. *Agricultural Wastes* 10, 161-175.
8. Borja Padilla R., Martín Martín A., Fiestas Ros de Ursinos J.A. 1990. Efecto de inhibición en el proceso de biometanización del alpechín en bioreactores con microorganismos inmovilizados en distintos soportes. *Grasas y Aceites (En Prensa)*.
9. Borja R., Maestro R., Martín A., Fiestas J.A., Alba J. Biodegradación de los compuestos fenólicos presentes en el alpechín. *Reunión Internacional sobre tratamiento de alpechines*. Córdoba Mayo 1990.
10. Borja R., Martín A., Maestro R., Fiestas J.A., Alba J. Estudio cinético comparativo del proceso de depuración anaerobia del alpechín natural y del previamente tratado por vía aerobia para eliminar su poder inhibitorio.  
*Reunión Internacional sobre tratamiento de alpechines*. Córdoba Mayo 1990.
11. Brunetti A., Rozzi A., Antonacci R., Labellarte G., Longobardi C. 1983. Trattamento anaerobico di acque di vegetazione di frantoio. *Ingegneria Sanitaria*, 31 (4), 18.
12. Carrieri C., Balice V., Boari G., Rozzi A., Santori M. 1986. Anaerobic treatment of olive mill effluents and sewage sludge in conventional digester. *Proceeding International Symposium on olive by products valorization Sevilla March 1986*. 195-206.
13. Carrieri C and Balice V. 1988. Anaerobic treatment of olive mill effluents and sewage sludge in conventional digester. *Fifth International Symposium on Anaerobic Digestion*. Poster-Paper Eds. A. Tilche and A. Rozzi. Bologna Italy 1988. 481-484.

14. De Caro M., Gslamini Ligorì M.G. 1959. Attività antibiòtica di un estratto desunto delle acque di vegetazione delle olive. *Rend. Ist. Super Sanita* 22, 223-243.
15. Di Donna A., Valentini A. 1982. Biogas e depurazione in un oleificio. *Esp. Risparmi Energetic Boll A.P.R.E.* 1, 20.
16. Di Pinto, A.C., Mendicelli A., Rozzi A. 1983. Recupero energetico nel trattamento anaerobico di acque di scarico. *Ingegneria Sanitaria* 31 (5-6) 9.
17. Federici F. and Bongi G. 1983. Improved method for isolation of bacterial inhibitors from oleropein hydrolysis. *Appl. Environ. Microbiol.* 46, 509-510.
18. Fedora P.M. Hrudey S.E. 1984. *Water Research* 18 (3) 361-367.
19. Fiestas Ros de Ursinos, J.A. 1958. Los alpechines y la riqueza piscícola. *Bol. Oleicultura Internacional* N° 42 pág. 35-3 y N° 43 pág. 27-98.
20. Fiestas Ros de Ursinos J.A. 1966. Estudio del alpechín para su aprovechamiento industrial. VII Instalación comercial para la obtención de levaduras y pienso. *Grasas y Aceites* Vol. 17 págs. 41-47.
21. Fiestas Ros de Ursinos J.A. 1977. Depuración de aguas residuales en las industrias de aceitunas y aceite de oliva. *Grasas y Aceites* Vol. 28 fasc. 2 págs. 113-121.
22. Fiestas Ros de Ursinos J.A., Janer del Valle M.L., León Cabello R. y Navarro Gamero R. 1979. Depuración anaerobia-aerobia del alpechín. XVI Reunión Plenaria de la Asamblea de Miembros del Instituto de la Grasa y sus Derivados Sevilla.
23. Fiestas Ros de Ursinos J.A. 1981. Fermentación anaerobia de aguas residuales con elevada carga orgánica. *Ingeniería Química* 47, 85.
24. Fiestas Ros de Ursinos J.A.; Navarro Gamero R., León Cabello R., García Buendía A.J. y Maestro Juan Sáez de Jauregui G.M<sup>º</sup>. 1982. Depuración anaerobia del alpechín como fuente de energía. *Grasas y Aceites* 33, 5, págs. 265-270.
25. Fiestas J.A., Martín A., Borja R. y Alvarez M. 1988. Estudio cinético de la depuración anaerobia del alpechín en presencia de diversos soportes para la inmovilización de los microorganismos. *Actas 4º Seminario Depuración anaerobia de aguas residuales. Universidad de Valladolid* págs. 252-257.
26. Fiestas Ros de Ursinos J.A. y Borja Padilla R. 1988. Aprovechamiento y depuración integral del alpechín. *RETEMA. Revista Técnica del Medio Ambiente. Madrid* N.º 5 julio-agosto págs. 97-100.
27. Fiestas Ros de Ursinos J.A. y Borja Padilla R. 1989. Depuración integral del alpechín. Estado actual y perspectivas. *Nuestra Comunidad* n° 6, 40-48.
28. Fiestas Ros de Ursinos J.A., Martín Martín A. y Borja Padilla R. 1990. Influence of immobilization supports on the kinetic constants of anaerobic purification of olive mill wastewater. *Biological wastes* (En prensa).
29. Fiestas J.A., Martín A., Borja R. 1989. Bioreactores anaerobios, influencia de las características del soporte de inmovilización sobre las constantes biocinéticas. *Actas FIMA-89. Tecnología de producción de biogás. 21 Conferencia Internacional. Zaragoza* 1989.

30. Fleming H.P. and Etchells J.L. 1967. Occurrence of an inhibitor of lactic bacteria in green olives. *Appl. Microbiol* 15, 1178-1184.
31. Garrido Fernández A., and Vaughn R.H. 1978. Utilization of oleuropein by microorganisms associated with olive fermentation. *Can. J. Microbiol* 24, 680-684.
32. González, M.D. 1986. Ensayo de sensibilidad de bacterias aisladas de suelo frente al alpechín. Memoria de Licenciatura. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada.
33. Hartmann L., Ntalis D., Anagnostidis, K. 1984. Anaerobic Treatment of olive processing wastes. In *Anaerobic Digestion and Carbohydrates Hydrolysis of Waste*. G.L. Ferrero, M.P. Ferranti- H. Naveau Eds. Elsevier Applied Science Publishers Barking, Essex U.K.
34. Juven, B. and Henis Y. 1970. Studies on the antimicrobial activity of olive phenolic compounds. *J. Appl. Bacteriol.* 33, 721-732.
35. Koikes S., Tizukra T. Mizutani J. 1979. *Agric. Biol. Chem.* 43 (8) 1727-1731.
36. León Cabello R., Janer del Valle M.L., Fiestas Ros de Ursinos J.A. 1979. Aplicación de los procesos microbiológicos anaerobios para la obtención de energía. VII Congreso Nacional Microbiología Cádiz.
37. Maestro Durán R. y Borja Padilla R. 1990. Influencia de los polifenoles en la depuración del alpechín. XXIV Asamblea Plenaria de Miembros del Instituto de la Grasa y sus Derivados. Mayo 1990.
38. Martínez J., Pérez J., Moreno E. y Ramos Cormenzana A. 1986. Incidencia del efecto antimicrobiano del alpechín en su posible aprovechamiento. *Grasas y Aceites Vol. 37 fas 4*, 215-223.
39. Mas M and Peinado J.M. 1984. Phenol effect on the growth of yeast isolated from «alpechín». *Cien. Biol (Portugal)* 9, 205-209.
40. Medici F., Merli G., and Spagnoli E. 1985. Anaerobic digestion of olive oil mill waste waters: A new process. *Proceeding Fourth International Symposium on Anaerobic Digestion Guanzhou China* pp. 385-398.
41. Montedoro G., Servile M. 1989. Utilizzazione delle acque di vegetazione per vía fermentativa: produzione di un enzima pectolítico. *Seminario Internazionale sul trattamento delle acque reflue degli oleifici. Lecce (Italia) Nov. 1989.*
42. Moreno E., Paredes M.T. y Martínez J. 1983. Efecto de distintas soluciones de alpechín sobre la microflora del suelo. *Res. IX Cong. Nac. Microbiol.*
43. Nieto M., Salas J.J., Fiestas J.A. Application of Maly's model for the determination of kinetic constant in the anaerobic digestion of «alpechin». *Proceeding International Symposium on olive by products valorization.* Pp. 207-216. Sevilla March 1986.
44. Oka T., Simpson, F.J. Child J.J. and Mills S. Cecily. 1971. Degradation or ruth by «*Aspergillus flavus*». Purification of the dioxigenase, quercitinase. *Can.J. Microbiol* 17, 111-118.
45. Petruccioli M., Servili M., Montedoro G.F. and Federic F. 1988. Development of a recycle procedure for the utilization of vegetation waters in olive-oil extraction process. *Biotechnology Letters Vol. 10, N° 1* 55-60.

46. Ragazzi E., Veronesse, G. et Pietrogrande A. 1967. Ricerche sui costituenti idrosolubili delle olive I. Zuccheri e fenoli. *Ann., Chim.* 57, 1386-1397.

47. Ramos Cormenzana A. 1986. Physical, Chemical, Microbiological and Biochemical Characteristics of vegetation water. *Proceeding International Symposium on olive by-products valorization Sevilla March 1986.* Pp. 19-29.

48. Rozzi A., Di Pinto A.C. 1986. Anaerobic Treatment of olive mill effluents as energy source. *Proceeding International Symposium on olive by products valorization Sevilla March 1986.* Pp. 181-193.

49. Tsonis S.P. and Grigoropoulos S.G. High-rate anaerobic treatment of olive oil mill wastewater. *Proceeding Anaerobic Digestion 1988, Bologna. 5 th International Symposium.* Eds. ER. Hall and P.N. Hobson. Pergamon Press, pp. 115-124.

50. Vaccarino C., Lo Curto R., Tripodo M.M., Lagana G., Patané R., Munad F. 1986. Vegetation water treatment by anaerobic fermentation with fungi. *Proceeding International Symposium on olive by products valorization. Sevilla March 1986.* Págs. 174-154.

## **TERCERA SESION**



# I EFECTO DEL ALPECHIN LIQUIDO DE LAS ALMAZARAS SOBRE LA FERTILIDAD DEL SUELO

FOTINI FLOURI (\*)  
I. CHATJIPAULIDIS (\*)  
K. BALIS (\*)  
D. SERVIS (\*)  
C.T. JERAKIS (\*)

(\*) Universidad de Atenas. Dpto. de Microbiología Agrícola. Atenas (Grecia).



# EFFECTO DEL ALPECHIN LIQUIDO DE LAS ALMAZARAS SOBRE LA FERTILIDAD DEL SUELO

Fotini Flouri, I. Chatjipaulidis, K. Balis, D. Servis y C.T. Jerakis

## RESUMEN

El vertido sucesivo en la tierra del efluente de la almazaras enriquece el suelo con fijadores de nitrógeno vivos en estado libre no simbióticos, principalmente del género *Azotobacter*, que fijan activamente las moléculas de nitrógeno cuando provienen de este tipo de efluente. Además, mejoran la estructura del suelo y, quizás, lo que es más importante, protegen el suelo de algunos Oomicetos, como el *Pythium* y la *Phytophthora*. En las pruebas de invernadero realizadas con lechuga, trigo, tomate, el género *Helianthus* y maíz, las plantas cultivadas en suelo tratado con el alpechín, que después tuvieron tiempo suficiente para eliminar toxinas, superaron a las control en todas las características de crecimiento: biomasa, número de hojas y altura también.

## INTRODUCCION

El proceso de extracción del aceite de oliva (*Olea europaea* L.) genera grandes cantidades de alpechín oscuro, casi de color negro, conocido en Grecia como «mourga» (*L. amurca*) o «katsigaros». Aproximadamente una tonelada de aceitunas, más las aguas de vegetación junto con las aguas del procesado, proporcionan entre 1 y 1,2 toneladas de alpechín. Por su alto contenido en sustancias orgánicas ( $BOD_5$ , 20.000-90.000 ppm; COD, 90.000-170.000 ppm) y, en especial, de fenoles y ácidos grasos volátiles, el alpechín ocupa un lugar entre los efluentes más perjudiciales para el medio ambiente.

Existen en Grecia cerca de 3.000 almazaras distribuidas ampliamente por todo el país. Cada una de ellas produce una media de 15 m<sup>3</sup> de alpechín por día de operación. Normalmente, el período de recolección se inicia al principio de noviembre y termina hacia febrero o marzo, aunque en algunas áreas puede prolongarse hasta mayo. A pesar de estar prohibido por las leyes en vigor, se vierte el alpechín, sin tratar, en barrancos naturales o, también, en arroyos, ríos, lagos o en el mar.

Se emprendió este trabajo con la idea de investigar el vertido en la tierra como un método alternativo para el manejo, la evacuación y reutilización de efluentes. En el curso de este estudio, se evaluó el impacto del tratamiento sucesivo del suelo con el alpechín en la respiración del suelo, la fijación del nitrógeno, el recuento de la población de grupos de microbios seleccionados, la fitotoxicidad, la estructura del suelo y la fertilidad.

## MATERIALES Y METODOS

**El alpechín.** Se recogió el alpechín de reciente producción a -14° C, en recipientes de plástico de capacidad de 50 l. Estas son algunas de las características: pH, 5,5; carbón orgánico total, 3,4%; nitrógeno total (Kjeldahl), 0,06%.

**Programa de vertido en la tierra.** En agosto de 1986, en la granja de la Universidad de Agricultura de Atenas, se abrieron dos parcelas experimentales, de 2 x 3 m., respectivamente. El suelo era franco arcilloso, calcáreo; el pH de 7,9; 3,4% de carbón orgánico; y 0,1% de nitrógeno total (Kjeldahl).

Durante un período de nueve meses, y a intervalos más o menos semanales se irrigó la parcela control con agua corriente, al tiempo que la otra era tratada con el alpechín. Se realizaron los dos tipos de vertidos, tanto el de agua corriente como el de alpechín, por aspersión a 10 l./m<sup>2</sup>. De ahí en adelante, se regaron las dos parcelas únicamente con agua corriente cada quince días. Antes de cada tratamiento se roturaron las dos parcelas a una profundidad de 10 cm. para romper la costra del suelo. Es aquí donde es importante mencionar que a diferencia de la control, la tendencia a formar costra disminuyó de manera paulatina e ininterrumpida en la parcela tratada con el alpechín.

## MUESTREO

Se extrajeron, aleatoriamente, muestras del suelo, de la capa superior de 15 cm., a diferentes intervalos de tiempo, como se indica en el texto. Se pasaron las muestras de reciente producción por un tamiz de 2 mm. para su utilización el mismo día en que fueron recogidas.

**Respirometría.** La evaluación se realizó empleando el método del respirómetro electrolítico de Manios y Balis (1983). Se cargó cada unidad respirométrica con 200 gr. de tierra (peso fresco), con una humedad del 60% de su capacidad de retención de agua. La temperatura en el depósito de agua se mantuvo constante a 25° C. El día de la evaluación, en series por triplicado, se hizo un seguimiento de varias horas de duración del hidrógeno acumulado y de las condiciones

termobarométricas. Se corrigieron los volúmenes de hidrógeno registrados de acuerdo a los correspondientes a 0°C y 760 mm. Hg y se sometieron al análisis de regresión lineal en función del tiempo de incubación.

En todos los casos, con al menos cinco pares de observaciones por cada unidad respirométrica, el coeficiente de determinación superó el valor de 0,985 ( $r^2$  0,985). La pendiente de la línea recta resultante dividida por dos, da la actividad respiratoria del suelo en términos de tasa de oxígeno consumido ( $\text{cm}^3/\text{h.}$ ) por muestra (200 gr. de peso fresco).

**Fijación de  $\text{N}_2$ .** Se eligió el método de reducción por acetileno, según la descripción de Hardy, Burns y Holsten (1973). Se transfirieron alícuotas de 10 gr. (peso fresco) de tierra a viales de 25  $\text{cm}^3$  de capacidad. La humedad del suelo, como en la respirometría, se mantuvo en el 60% de la capacidad de retención de agua, mientras que la fase gaseosa de los viales contuvo 10% (v/v) de acetileno. Se midió la concentración de etileno después de 6 y 24 horas de incubación (25°C), con el cromatógrafo de gas Perkin-Elmer, modelo F-11, equipado con un detector de ionización por llama y una columna Porapak-R, 80-100 de malla (d, 1/8", 2 m. de largo). El gas portador fue el nitrógeno y la temperatura en el horno, de 60°C. Los resultados se dieron como la proporción de producción de etileno en  $n$  moles  $\text{h}^{-1}$  por 100 gr. de tierra (peso muerto).

**Recuento de los fijadores de  $\text{N}_2$ .** El cálculo del nivel de población de los fijadores de nitrógeno aeróbicos en estado libre en el suelo se realizó por el Método del número más probable, el MPN (Alexander 1965). La solución con fijadores en estado libre de cultivos combinados de nitrógeno se preparó de acuerdo a Rennie (1980). Se adoptó una serie de dilución de 1:10 con 5 tubos para cada relación de dilución. Se incubaron todos los tubos durante 6 días a 30°C, y después se separaron de acuerdo a la presencia o ausencia de fijadores de  $\text{N}_2$  tras haber realizado el ensayo de reducción por acetileno.

**Recuentos viables de poblaciones de hongos y microbios.** Se realizaron utilizando la técnica estándar de las placas de dilución en tierra. Se usó el agar nutritivo (NA) y el agar de dextrosa de patata (PDA) con rosa de Bengala (35 mg./l.) como medios de cultivo para las poblaciones de bacterias y de hongos, respectivamente. Se incubaron todas las placas a 25°C. Las placas para las bacterias que usan el fenol se incubaron a 30°C y el medio de cultivo tuvo la siguiente composición:  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 1,0 gr.;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0,2 gr.; NaCl, 0,1 gr.;  $\text{CaCl}_2$ , 0,1 gr.;  $\text{FeCl}_3$ , 0,02 gr.;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 1,0 gr.; fenol, 0,007 M; el agua hasta un litro; pH 7,2-7,5.

**Evaluación de la fitotoxicidad.** Se pusieron 10 gr. de la tierra proveniente de la capa situada por debajo de la del experimento en un plato de Petri con una humedad del 75% de la capacidad de retención de agua. A continuación, se esparcieron uniformemente semillas de berro, *Lepidium sativum*, (50 por plato), sobre la superficie de la tierra y se metieron a incubar los platos en una cámara húmeda a 25°C, durante cinco días. Se presentaron los resultados en términos del índice de germinación dado por el producto de la germinación y la longitud de la raíz, expresados en valores porcentuales (Zucconi y colaboradores, 1981).

**Detección y aislamiento de los Oomicetos.** Se describe a continuación la técnica de cebos utilizada para las zoosporas: se transfirieron 2 gr. de la tierra que iba

a ser examinada a un matraz de 250 ml. con 100 ml. de agua destilada en cristal esterilizado. Una vez que la tierra se hubo sedimentado, se sumergieron en agua limpia tres cebos esterilizados, cogidos con las puntas adecuadas de varilla de cristal. Se dejaron los matraces en reposo, incubándose a 25°C, durante cinco días. Se prepararon los cebos con cáñamo, avena y semillas de limón. Para cada tipo de cebo en cada serie de tierra había seis matraces iguales. Después de la incubación, se lavaron los cebos con agua esterilizada y se pasaron a platos de Petri con agar de harina de avena a la mitad de la concentración habitual (Booth, 1971).

**Supervivencia de la *Phytophthora cryptogea*.** Como se describe, se infestaron artificialmente las muestras de tierra de las dos parcelas con *P. cryptogea*. Se lavó con agua esterilizada el micelio proveniente de un cultivo líquido de 15 días en extracto de avena a 25°C para dejarlo limpio de nutrientes y homogeneizarlo. Se trató cada muestra de tierra con volúmenes iguales de la suspensión del micelio obtenida de esa manera. Se pudieron llenar cuarenta tarros de cristal de 200 ml. de capacidad. Todos los tarros se colocaron en una habitación a temperatura constante de 25°C. La humedad de la tierra se mantuvo aproximadamente al 60% de la capacidad de retención de agua. Para compensar la pérdida de humedad durante la incubación, se regaron los tarros una vez por semana para devolverles el peso original. También una vez por semana, se quitaron cuatro tarros de cada serie de tierra para el cálculo de la duración de la supervivencia de *P. cryptogea*, según lo descrito por Warcup (1950), con el medio selectivo de Tsao y Oand (1969).

**Nitrógeno total, carbón orgánico y estabilidad de los agregados del suelo.** Se acudió al método semi-micro de Kjeldahl para medir el contenido de nitrógeno (Bremner, 1965) y el método de Walkley-Black (Allison, 1965). Para la evaluación de la estabilidad de los agregados del suelo se siguió a Valmis y colaboradores (1988).

## RESULTADOS

Las figuras 1, 2 y 3 muestran la capacidad respiratoria, la tasa de fijación de nitrógeno y la fitotoxicidad del suelo durante los tres períodos de evaluación (A), (B) y (C); cada uno de los cuales corresponde a un estadio de tratamientos previos acumulativos de la tierra con alpechines de 102, 192 y 214 kg/m<sup>2</sup>. Durante cada período, la temperatura media de la tierra a una profundidad de 10 cm. fue 31°C, 20°C y 21°C, respectivamente. Cada ciclo de muestreo de tierra comenzó tres horas después del último tratamiento y duró hasta 20 días. Se interrumpieron los tratamientos durante este período.

El suelo, inmediatamente después del tratamiento con alpechines, intensificó la actividad respiratoria (Fig. 1), que a partir de ese momento fue disminuyendo gradualmente; no obstante, se mantuvo durante un tiempo apreciable por encima de los niveles de las series control.

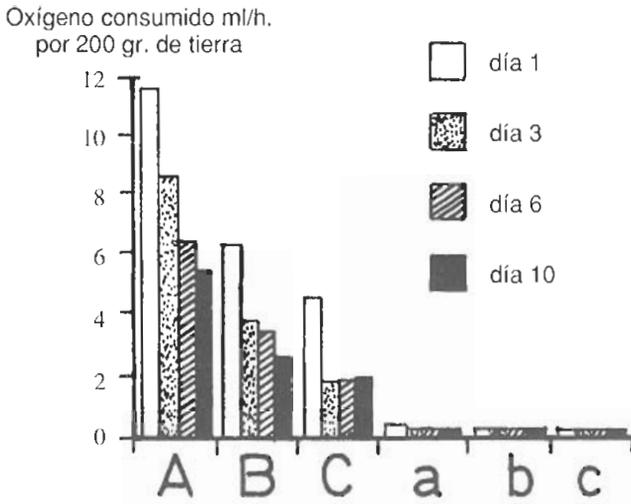
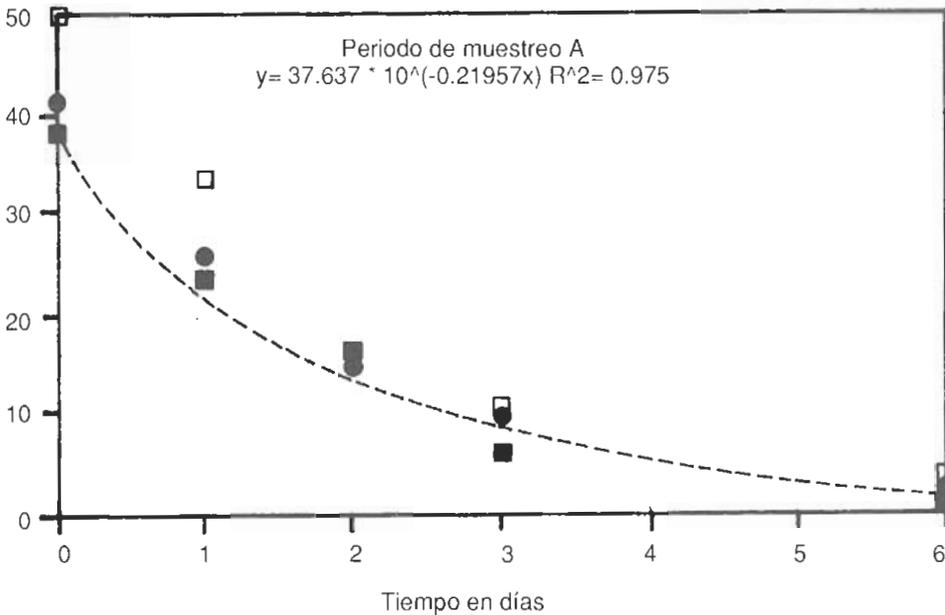


Fig. 1. Actividad respiratoria de las muestras tratadas (A, B, C) y las muestras control (a,b,c).

La fijación de nitrógeno también mostró un efecto similar de disparo. Aquí hay que mencionar que no se advirtió ninguna actividad detectable de fijación de nitrógeno en ninguna de las muestras de las series control sin tratar. Mientras que, por el contrario, en la parcela regada con alpechines a diferentes intervalos de tiempo, la actividad de fijación de nitrógeno apareció en el estadio A (Fig. 1A), y después se elevó a niveles muy altos (Fig. 1B).



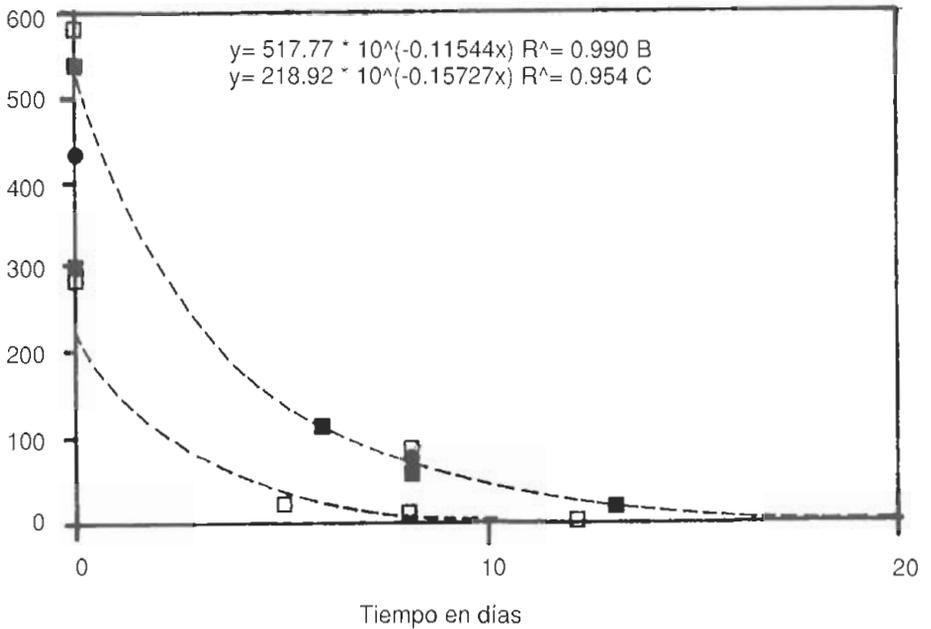


Fig. 2. Actividad fijadora de  $N_2$  en la parcela tratada con alpechín.

Esta potencia del suelo para sostener la actividad intensa de fijación de nitrógeno fue notoria durante un lapso apreciable de tiempo, después del último esparcimiento del alpechín, como lo han puesto de manifiesto los datos relacionados con el último período de muestreo (Fig. 1C).

Se podría haber anticipado el efecto favorable del alpechín sobre la proliferación microbiana común del suelo por medio de los valores altos registrados por la actividad respiratoria. Ahora queda demostrado el efecto especialmente enriquecedor del alpechín sobre los fijadores de nitrógeno libres del suelo. Apoyan esta conclusión datos adicionales relacionados con los niveles de población de fijadores de nitrógeno del suelo (Fig. 2) que multiplicaron su número por 600 al final del período experimental.

La fitotoxicidad adquirida por el suelo debida al tratamiento con alpechines disminuye gradualmente, aunque con mayor lentitud que las tasas de respiración y de fijación de nitrógeno (Fig. 3). Evidentemente, la fitotoxicidad de los alpechines de las almazaras se debe a sustancias más resistentes a la biodegradación que las de aprovechamiento más rápido como fuente de carbono y de energía por los heterótrofos comunes del suelo y, también, por los fijadores de nitrógeno. Aparte de los ácidos grasos volátiles, cuya fitotoxicidad está comprobada, el alpechín contiene grandes cantidades de polifenoles, muchos de los cuales tienen efectos fitotóxicos (Fiestas Ros de Ursinos, 1986). La lentitud del suelo en eliminar la toxicidad podría

deberse a esas moléculas. Además es interesante apuntar que en el estadio C, la pérdida de toxicidad tuvo lugar con mayor rapidez que durante los estadios precedentes e, incluso, el índice de germinación sobrepasó al del control: probablemente esto sea una contribución de la proliferación de poblaciones de microbios en el suelo.

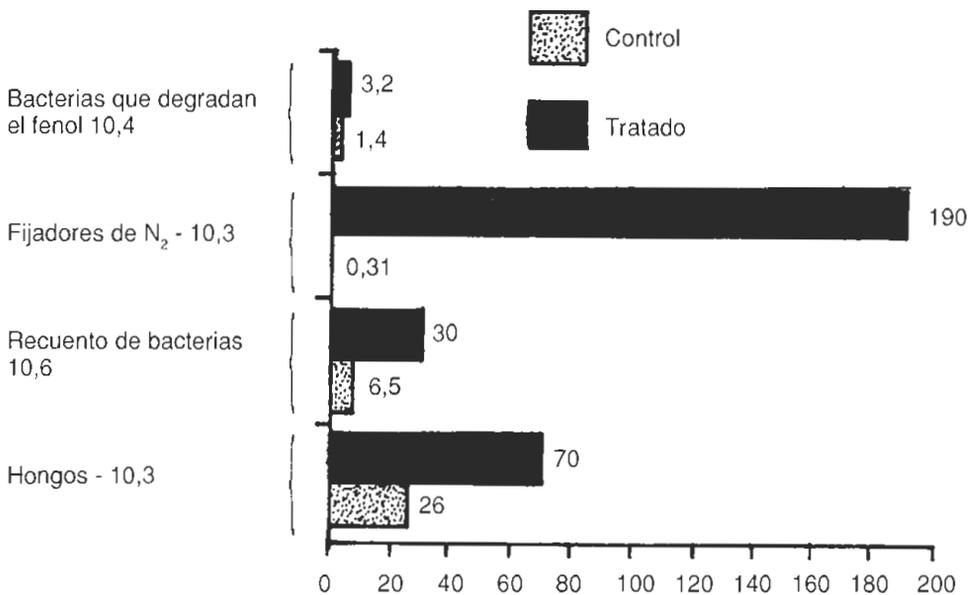


Fig. 3. Efectos de los tratamientos con alpechines sobre algunas poblaciones microbianas del suelo.

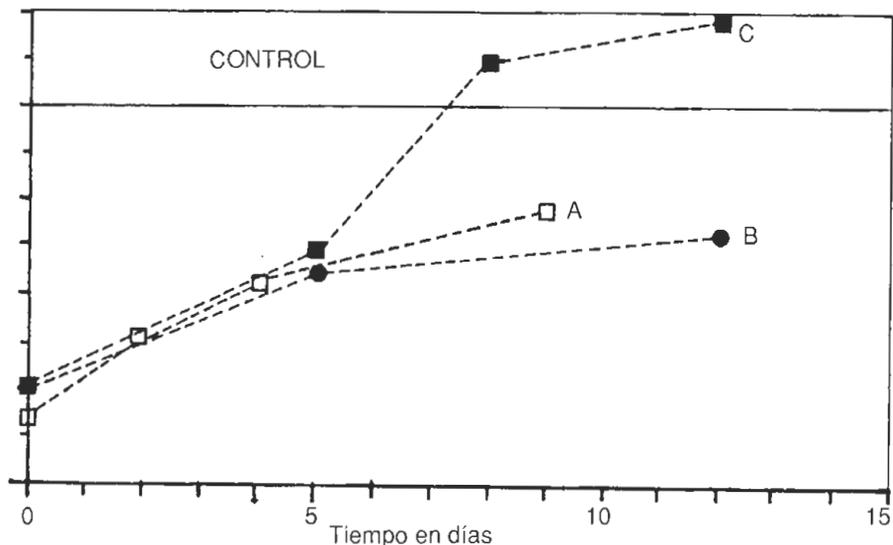


Fig. 4. Duración en el tiempo de la eliminación de la toxicidad por el suelo.

La intensidad de la actividad microbiana que siguió a cada esparcimiento de alpechín y, en particular, su efecto enriquecedor sobre los fijadores de nitrógeno en estado libre, nos condujo a estudiar si este cambio en el equilibrio tenía algún impacto de importancia fitopatológica sobre algunos microorganismos del suelo. Las condiciones de humedad que prevalecieron durante la mayor parte del tiempo favorecen a los oomicetos. Por esta razón, se decidió trabajar con miembros de este orden de hongos, para poner a prueba nuestra hipótesis y, sobre todo, por que entre ellos se incluyen conocidos patógenos de las raíces, como las especies *Pythium* y *Phytophthora*.

Cuadro I

**Capacidad del suelo, inducida por el alpechín, para suprimir los oomicetos**

Cebos	Colonización %	
	Control	Tratado
Semillas de cáñamo	55,5	0
Semillas de avena	42,8	0
Semillas de limón	6,8	0

A partir de los datos del cuadro 1 se considera evidente que al final del período experimental, ni un solo miembro de los géneros mencionados anteriormente fue detectado en la parcela tratada con el alpechín. Debido al resultado inesperado, se repitieron las pruebas con los cebos varias veces; pero, invariablemente, se observó la misma clara diferencia entre el suelo tratado y el no tratado (control). Con el fin de verificar una vez más esta observación, se infestaron las muestras de tierra de las dos parcelas con *Phytophthora cryptogea*, según se describe en la sección titulada Materiales y métodos, y, durante un período de siete semanas se realizó un seguimiento de la duración de la supervivencia.

La población de *P. cryptogea* en el suelo tratado con el alpechín, inmediatamente después de ser mezclada con la tierra, comenzó a disminuir exponencialmente. Mientras que, al contrario, en la serie control, permaneció estable durante cerca de tres semanas y solamente al cabo de ellas empezó a desaparecer gradualmente (Figura 5).

En este punto, se debe mencionar que *P. cryptogea* y los otros oomicetos saprófitos aislados de la tierra control no se inhibieron al ser transferidos a un medio de alpechín y agar. En consecuencia, el efecto negativo sobre la supervivencia de *P. cryptogea* y los otros oomicetos del suelo debería atribuirse más bien a un mecanismo de supresión originado por el esparcimiento del alpechín. Este efecto, de ninguna manera, actuó sobre todos los hongos del suelo; muy al contrario, varias especies como el *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium* y, también, las levaduras, proliferaron en gran número.

$$(1) y = 62.063 + 1.7287x - 0.32697x^2 - 5.1100e-2x^3 \quad R^2 = 0.987$$

$$(2) y = 54.933 - 19.717x + 3.6573x^2 - 0.24989x^3 \quad R^2 = 0.996$$

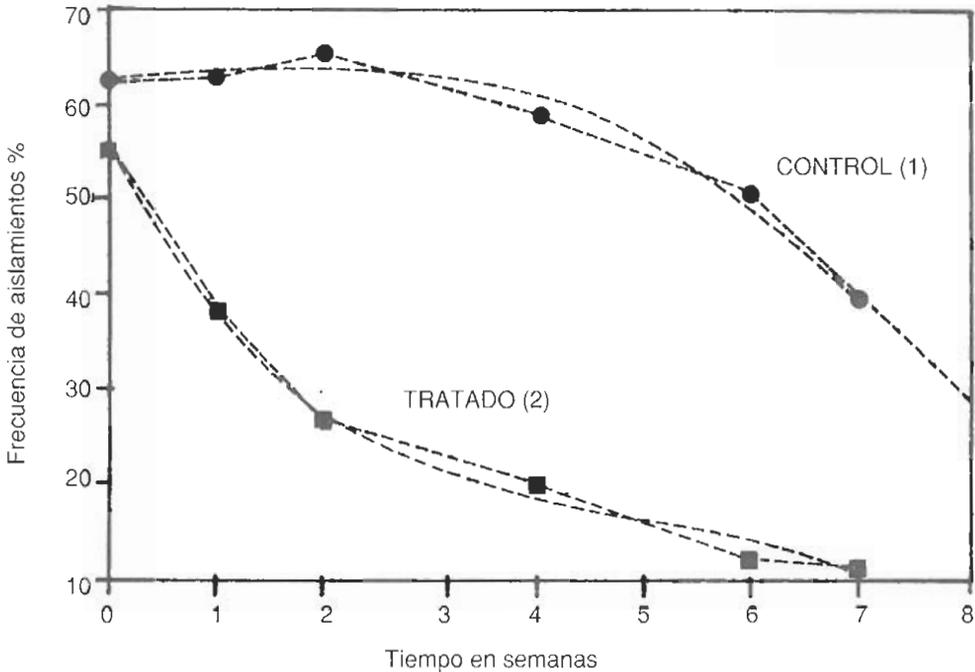


Fig. 5. Duración de la supervivencia de *Phytophthora crytopgea*.

Es de sobra conocido el hecho de que la formación y estabilidad de los agregados del suelo se deben exclusivamente a la acción de los microbios. Se puede esperar cierta influencia favorable sobre la estructura del suelo teniendo en cuenta la naturaleza de los alpechines de las almazaras y sus resultados beneficiosos sobre la actividad microbiana en el suelo. Se evaluó este importante parámetro del suelo, junto con la fitotoxicidad, el contenido de carbón orgánico y el pH del suelo, en muestras extraídas de varias profundidades, hasta llegar a los 60 cm., al final del período experimental.

En la Fig. 6 se muestra claramente la mejoría notable de la estabilidad de los agregados del suelo en la parcela tratada con el alpechín. Este efecto favorable sobre la estructura del suelo se extendió desde la capa superior de la superficie hasta una profundidad de 40 cm. aproximadamente, aunque con una disminución de la magnitud. En lo que a fitotoxicidad del suelo se refiere, los valores de los índices de germinación de las semillas de berro (Fig. 7), indican que desde la superficie hasta llegar a los 40 cm. de profundidad se invirtieron las condiciones de fitotoxicidad. En especial, de los 10 a los 30 cm. aproximadamente las condiciones del entorno del suelo favorecieron a los plañones de berro.

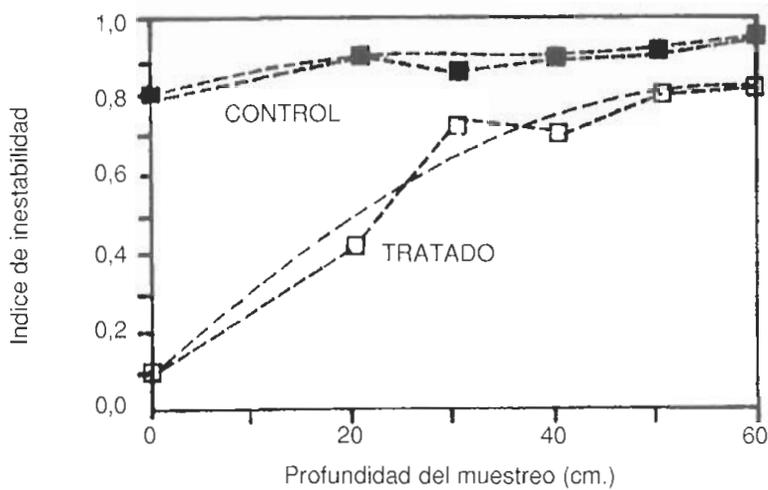


Fig. 6. Efecto del tratamiento con alpechín sobre la estabilidad de los agregados del suelo.

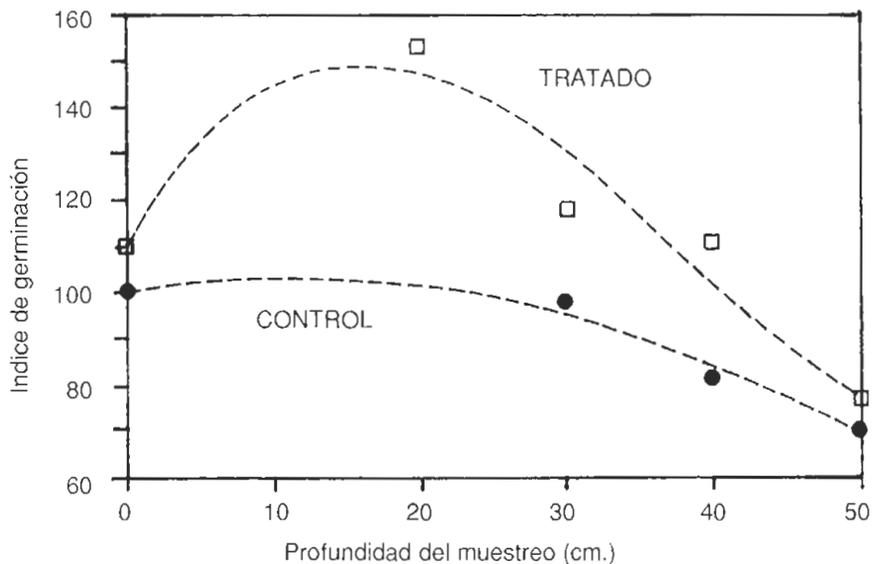


Fig. 7. La respuesta de la germinación de las semillas en las muestras de tierra de diferentes profundidades del perfil del suelo.

No se realizó ninguna evaluación directa del alpechín al ir filtrándose por las capas inferiores. Sin embargo, los datos relacionados con la acumulación de carbón orgánico (Fig. 8) y el pH del suelo (Fig. 9) pueden ser considerados como una buena prueba del movimiento y filtrado del material o, más bien, de sus productos de degradación, al pasar por capas de tierra más profundas.

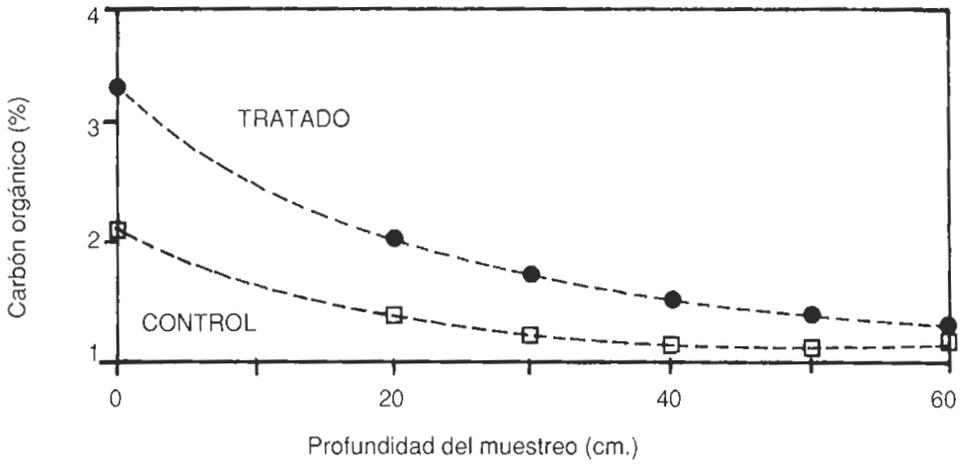


Fig. 8. Distribución del contenido de carbono orgánico por el perfil del suelo.

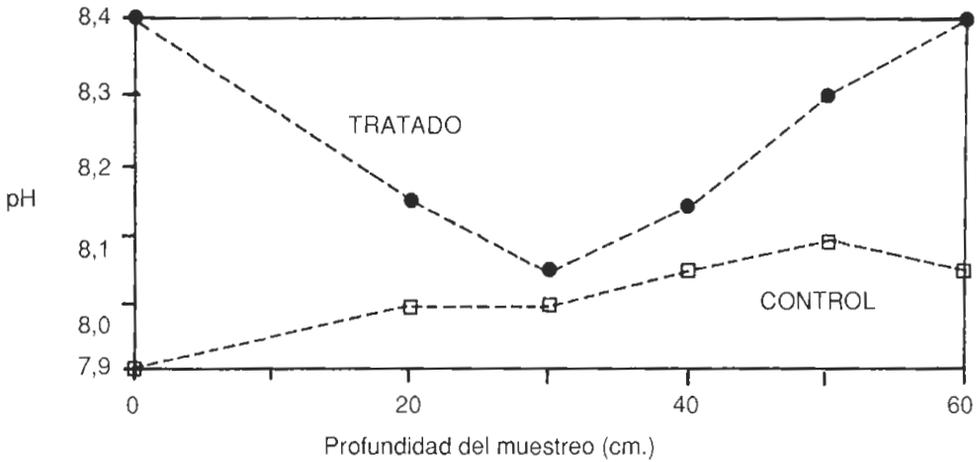


Fig. 9. Efecto del esparcimiento del alpechín sobre el pH del suelo.

Para poder realizar una evaluación más directa del impacto del vertido de alpechines, a largo plazo, sobre la fertilidad del suelo, en general, se cultivaron la lechuga, el trigo, el tomate, el género *Helianthus* y el maíz en condiciones comparables, en tiestos con tierra de la parcela control y de la tratada.

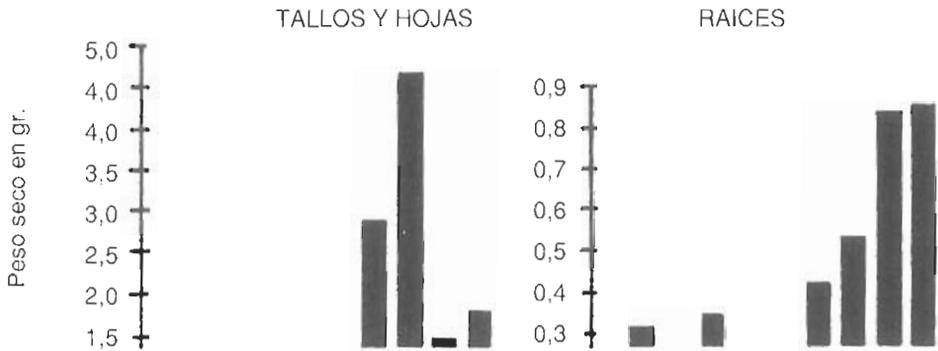


Fig. 10. Producción de biomasa por las plantas cultivadas en tierra control y en tierra tratada con alpechines después de pasar por un periodo de eliminación de toxicidad.

Se hicieron cuatro réplicas del experimento para cada especie de planta y de suelo, control y tratado. Los tiestos se colocaron en el invernadero al azar. Tras dos meses de estar en cultivo se evaluaron las características de crecimiento (Fig. 10 y 11).

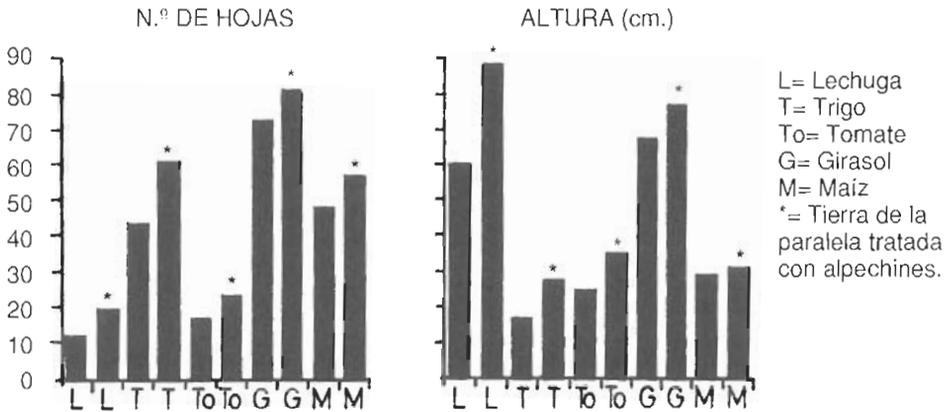


Fig. 11. Respuesta del crecimiento, en altura y número de hojas, de plantas después de haber seguido un periodo de eliminación de la toxicidad.

No se observó ningún síntoma de fitotoxicidad en ninguna de las cinco especies incluidas en este experimento. Por el contrario, las plantas cultivadas en tierra tratada con alpechines superaron en todos los aspectos a las plantas control, por ejemplo, en biomasa, altura y número de hojas.

## DISCUSION

Marcus Porcius Cato (234-149 a.C.) en su libro «De agricultura» aconsejaba a los agricultores de su tiempo que aprovecharan el alpechín de las almazaras para

mejorar la fertilidad de sus tierras. Tal posibilidad se ha vuelto a explorar hoy: recientemente, Morisot y Tournier (1986) y Fiestas Ros de Ursinos (1986) han contribuido con datos y pruebas experimentales de gran valor en este campo.

Se ha identificado a la fitotoxicidad como el principal obstáculo para el aprovechamiento del alpechín como fertilizante; persiste en el suelo de 20 a 30 días. De hecho, se puede detectar una duración parecida de su fitotoxicidad extrapolando las curvas de eliminación de sustancias tóxicas de las dos etapas iniciales (Fig. 4; A y B). Sin embargo, después de un período de enriquecimiento y probablemente de establecimiento en el suelo de alguna población de microbios adecuada, el suelo eliminó las toxinas con mayor rapidez. Por lo tanto, al parecer, los alpechines de las almazaras ejercen muchos y variados efectos sobre el suelo y las plantas en él cultivadas; pero para que los efectos beneficiosos predominen sobre los perjudiciales son necesarias, sobre todo, las condiciones aeróbicas del suelo idóneas.

Con respecto a la fijación de nitrógeno, si se toma un valor medio, sin ser el óptimo, de 100 n moles de etileno por 100 gr. de tierra por hora y se supone que la relación teórica del acetileno y el nitrógeno es 3:1, se puede esperar una ganancia anual de nitrógeno en el suelo del orden de 160 kg./ha. Este valor entra dentro de la gama de 2-200 kg./ha. registrada para otras materias orgánicas diversas (Brouzes et al, 1969; Hardy et al, 1973; Hegazi et al, 1981; Rennie, 1980).

Nuestros datos no bastan para hacer una estimación precisa del nivel de nitrógeno en el suelo. No obstante, el nivel de nitrógeno en el control cayó desde un nivel inicial de 0,14% a 0,11%, mientras que en la parcela tratada con alpechines subió a 0,29%. En otras palabras, la ganancia neta del nitrógeno fue del orden de 7-200 Kg./ha. Suponiendo que todo el nitrógeno del alpechín se hubiera acumulado en el suelo, y que, en realidad, lo que es poco probable, no hubiera pérdidas de nitrógeno, entonces, sólo se podría esperar 1 300 kg./ha. de nitrógeno como máximo en el caso de ausencia de actividad fijadora de nitrógeno. De aquí se deduce que los fijadores de nitrógeno, principalmente del género *Azotobacter*, con los que se enriqueció el suelo, constituyen un mecanismo eficaz en potencia para fijar activamente el nitrógeno en presencia de los sustratos apropiados. Además, segregan sustancias favorables para la estabilidad de los agregados del suelo. En realidad, las poblaciones aisladas, que dominaban a la microflora fijadora de nitrógeno en el suelo tratado, pertenecían principalmente a *A. chroococcum*, y producían limo en abundancia en el cultivo. Obviamente, ello se debe atribuir a la mejora observada en la estabilidad de los agregados del suelo en la parcela tratada.

Además de obtener una buena estructura del suelo, es de esperar que después del período de eliminación de la toxicidad, las plantas cultivadas respondan favorablemente al aumento de la población de *Azotobacter* en sus rizosferas por una serie de razones. Durante mucho tiempo, el interés de muchos investigadores se ha centrado en el estudio de la producción de gibberelinas, citoquinonas y ácido indolacético por miembros del género *Azotobacter*, y en varias ocasiones se han realizado experimentos con inoculaciones de *Azotobacter* en el suelo o en las semillas, con la esperanza de conseguir resultados favorables como los descritos por Lynch en 1983. Aún no se han cumplido estas expectativas en todas las ocasiones; sin embargo, se ha informado de algunos resultados alentadores (Brown et al, 1968; Rubenchik, 1963).

La respuesta de crecimiento observada en nuestros ensayos con tierra tratada concuerda con el efecto beneficioso que aporta el *Azotobacter*, según se ha descubierto.

Todavía no se conocen totalmente los mecanismos de supresión del suelo; sin embargo, en términos generales, se puede decir que la acción de los microbios realizada por la adición de fertilizantes orgánicos ha sido estudiada a fondo y se basa en buenos fundamentos. La menor longevidad de *P. cryptogea* sugiere la existencia de un mecanismo de supresión desencadenado probablemente por el vertido del alpechín. Aunque aún es pronto para sacar conclusiones sobre este mecanismo; Meshram (1984) ha informado de algunos resultados de interés que pueden ofrecer pistas valiosas. El descubrió que el *A. chroococcum* es el responsable de la inhibición de especies de *Alternaria*, *Venturia*, *Sclerotinia*, *Rhizoctonia* y *Pythium*, y que la inoculación de *A. chroococcum* en el suelo inhibe la formación de tejidos compactos de hifas de *R. solani*. Las observaciones de Meshram coinciden con los resultados obtenidos en este trabajo. Incluso, hemos observado que *R. solani* no pudo formar su tejido compacto de hifas en el suelo tratado con el alpechín, a diferencia de los resultados registrados en el control.

Según hemos sabido, ésta es la primera vez que se tratan en un informe los fenómenos del enriquecimiento del suelo con fijadores de nitrógeno en estado libre y del mecanismo de supresión propiciados por los tratamientos con el alpechín de las almazaras. Estos hallazgos dan cabida a nuevas dimensiones para los vertidos en la tierra. Una dimensión evidente consiste en revalorizar las tierras de barbecho deterioradas y sin vegetación, o la recuperación de tierras que anteriormente estuvieron trabajando actualmente sigue la línea de tratar aeróbicamente la tierra con fijadores de nitrógeno seleccionados con capacidad de producir limo. El líquido denso es tratado con cal para que se vuelva floculento y separado en un fango líquido denso y un líquido amarillo claro. De esta forma, después del enriquecimiento con la población de microbios, es separado el material en dos fracciones para aprovecharlas en la agricultura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AARONSON, S., 1970. *Experimental Microbial Ecology*. Acad. Press N.Y., London.
2. ALEXANDER, M., 1965. Most Probable Number Method for Microbial Populations. In: *Methods of Soil Analysis Part 2*, págs. 1.467-1.472. American Society of Agronomy Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
3. ALEXANDER, M., 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. John Wiley and Sons Inc. New York.
4. ALISON, L.E., 1965. Organic Carbon. In: *Methods of Soil Analysis Part 2*, págs. 1.367-1.378. American Society of Agronomy Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
5. BOOTH, C., 1971. Fungal Culture Media. In: *Methods in Microbiology*, vol. 4, págs. 49-94. Academic Press, London and New York.
6. BREMNER, J.M., 1965. Total Nitrogen. In: *Methods of Soil Analysis Part 2*, págs. 1.149-1.178. American Society of Agronomy Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
7. BROUZES, R., LASIK, J. AND KNOWLES, R., 1969. The Effect of Organic Amendment, Water Content and Oxygen on the Incorporation of  $^{15}\text{N}_2$  by some Agricultural and Forest Soils. *Canadian Journal of Microbiology*, 15, 899-905.

8. BROWN, M.E., JACKSON, R.M. and BURLINGHAM, S.K., 1968. Growth and Effects of Bacteria Introduced into Soil. In: *The Ecology of Soil Bacteria. An International Symposium*. Liverpool University Press. Págs. 531-551.
9. FIESTAS ROS DE URSINOS, 1986. Vegetation Water used as a Fertilizer. *International Symposium on Olive By-Products Valorization*. Seville, Spain. Págs. 321-330.
10. HARDY, R.N.F., BURNS, R.C. and HOLSTEN, R.D., 1973. Application of Acetylene-Ethylene Assay for Measurement of Nitrogen Fixation. *Soil Biology and Biochemistry*, 5, 47-81.
11. HEGAZI, N.A., VLASSAK, K. and MONIB, M., 1979. Effect of Amendments Moisture and Temperature on Acetylene Reduction in Nile-Delta Soil. *Plant and Soil*, 51, 356-361.
12. LAMB, J.A., DORAN, J.W. and PETERSON, G.A., 1987. Nonsymbiotic Dinitrogen Fixation in No-till and Conventional Wheat-fallow Systems. *Soil Sci. Soc. Am J.*, 51, 356-361.
13. LYNCH, J.M., 1983. *Soil Biotechnology: Microbiological Factor in Crop Productivity*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburgh, Boston, Melbourne.
14. MANIOS, V. & BALIS, C., 1983. Respirometry to Determine Optimum Conditions for the Biodegradation of Extracted Olive Presscake. *Soil Biology and Biochemistry*, 15, 75-83.
15. MESHAM, S.U., 1984. Suppressive Effect of «*Azotobacter Chroococcum*» on «*Rhizoctonia Solani*» Infestation of Potatoes. *Neth. J. Plant Pathol.*, 90, 127-132.
16. MORISOT, A. & TOURNIER, J.P., 1986. Répercussions agronomiques des Effluents et Déchets de Moulins à Huile d'Olive. *Agronomie (Paris)* 6, 235-241.
17. RENNIE, R., 1980. A Single Medium for the Isolation of Acetylene-Reducing ( $N_2$ -Fixation) Bacteria from Soils. *Can. J. Microbiol.*, 27, 8-14.
18. RICE, W.A. & PAUL, E.A., 1972. The Organisms and Biological Processes Involved in Asymbiotic  $N_2$ -Fixation in Waterlogged Soil Amended with Straw. *Can. J. Microbiol.* 18, 715-723.
19. RUBENCHIK, L.I., 1963. «*Azotobacter*» and its Use in Agriculture. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem (Translated from Russian).
20. TSAO, P.H. & OCAND, G., 1969. Selective Isolation of Species of «*Phytophthora*» from Natural Soils on an Improved Antibiotic Medium. *Nature (London)* 223, 636-638.
21. VALMIS, S., KERKIDIS, T. AND AGGELIDIS, S., 1988. Soil Aggregate Instability Index and Statistical Determination of Oscillation Time in Water. *Soil Sci. Soc. Am J.*, 52, 1.188-1.191.
22. WARCUP, J.H., 1950. The Soil-plate Method for Isolation of Fungi from Soil. *Nature (London)*, 166, 117.
23. ZUCCONI, F., PERO, A., FORTE, M. and DE BERTOLDI, M., 1981. Evaluating Toxicity of Immature Compost. *Biocycle*, 22, 54-57.



# **II ELIMINACION Y APROVECHAMIENTO AGRICOLA DEL ALPECHIN**

**ANGEL GARCIA RODRIGUEZ (\*)**

(\*) Estación Experimental «Venta del Llano». D.G.I.E.A., Junta de Andalucía.  
Mengibar (Jaén, España).



# ELIMINACION Y APROVECHAMIENTO AGRICOLA DEL ALPECHIN

Angel García Rodríguez

## INTRODUCCION

Una de las facetas del problema de la contaminación ambiental, que como consecuencia de los residuos de la actividad humana, padece el mundo en que vivimos, es la creciente degradación de las aguas públicas, con las consiguientes secuelas negativas sobre su flora y fauna habitual.

La conciencia de que estos residuos pueden seguir aumentando razón directa al avance de nuestra tecnología y nivel de vida, ha creado una inquietante preocupación de carácter universal, que incita a luchar contra los factores contaminantes que alteran y corrompen el medio vital.

Los problemas planteados para el abastecimiento de agua en calidad y cantidad, hoy de primordial importancia, no eran hasta hace algunos años considerados en nuestro País. Las aguas residuales se podían verter al cauce público, sin previo tratamiento y sin tener en cuenta el daño que pudieran ocasionar aguas abajo.

La contaminación que padecen nuestros cauces fluviales es en líneas generales de tipo orgánico y es provocada fundamentalmente por los vertidos urbanos y los vertidos agrícolas e industriales, entre los que se encuentran los producidos por las industrias derivadas de la agricultura como son entre otras las azucareras, papeleras y almazaras.

Referente a éstas ultimas la contaminación que produce el alpechín que de ellas se obtiene, como residuo sobre la cuenca del río Guadalquivir, cuyo cauce discurre en su totalidad por tierras andaluzas es primordial y preocupante, dando que por

el volumen de aceituna de almazara producida en esta Región, su cauce recibe el 70% de toda la contaminación producida por dicho efluente, circunstancia que sitúa a éste río entre los mas afectados por este factor, en relación con el resto de la geografía nacional.

Los estudios sobre la eliminación de las aguas residuales de las almazaras, así como los referentes al posible aprovechamiento de este subproducto, se iniciaron en el año 1955.

Los datos obtenidos, por aquel entonces llevaron a la conclusión de que los alpechines, no producían en general, una contaminación grave en las aguas que los recibían.

Sin embargo, la existencia de nuevos vertidos industriales, el aumento de las aguas residuales no depuradas de las zonas urbanas, los caudales más bajos de los ríos, a consecuencia de una regulación, más estricta de los mismos y los períodos de sequía cada vez mas largos, han dado lugar a que en la actualidad la capacidad de autodepuración del río Guadalquivir haya sido sobrepasada, y que la mayor parte de su cuenca se encuentra fuertemente contaminada.

Tal fue la situación originada por el alpechín, unido a los vertidos urbanos, en el seco invierno de 1980, que para la campaña de 1981, el Gobierno tomó medidas excepcionales, que se reflejaron en el Real Decreto 18/1981 de 4 de diciembre, y Ordenes complementarias al mismo, tendentes a evitar la contaminación en la cuenca del Guadalquivir por residuos de fábricas almazareras.

Ciertamente podemos asegurar que actualmente existe una toma de conciencia colectiva del problema, que obliga a la Administración a dar la respuesta adecuada a ésta exigencia de la comunidad, extremando el celo en el cumplimiento de las normas vigentes, al respecto.

## **CARACTERISTICAS Y PRODUCCION DE ALPECHIN**

El alpechín o jamila, nombres que generalmente se le asigna al agua de vegetación de las aceitunas, constituye el principal componente de las aguas residuales de las almazaras y representa el 45-50 % del fruto. Es un líquido de color oscuro y suele contener en suspensión pequeñas cantidades de tejidos blandos de la pulpa de la aceituna mucilaginosos, sustancias pécticas, aceite, etc., todo ello en emulsión relativamente estable.

Sus características químicas y biológicas están sometidas a un elevado grado de aleatoriedad debido a las condiciones edafoclimáticas y de cultivo, que afectan al árbol, a la época de recolección y variedad del mismo y fundamentalmente al proceso mecánico utilizado en obtención del aceite de oliva.

Según el sistema de extracción utilizado la composición media del alpechín arroja las siguientes cifras.

	Almazara Sistema Clásico	Almazara Sistema Continuo
pH	4,5 - 5	4,7 - 5,2
Sust. seca a 105°	12,0 %	4 %
Sust. orgánica	10,5 %	3,5 %
Sust. mineral	1,5 %	0,5 %
D.B.O. <sub>5</sub>	90-100.000 p.p.m.	30-40.000 p.p.m.

Del total de toda la sustancia orgánica los azúcares representan entre el 30 y el 60% ( 2 - 8 % en almazara clásica y 0,6 - 2,5% en almara continua), las sustancias nitrogenadas entre el 10 y el 24% (0,5 - 2 % alm. clásica y el 0,17 -0,4% en alm. continua), hemicelulosas, pectinas, mucilagos y taninos del 10 al 15% ( 1% alm. clásica y continua) y ácidos orgánicos igualmente del 10 al 15% ( del 0,5 al 1,5 s/t.). También en elevada proporción se encuentra los polialcoholes ( 1 - 1,5 % en alm. clásicas y 1,1% como valor más frecuente en las continuas), y los polifenoles ( 1 - 2,4% en clásicas y 0,3-0,8% en continuas).

La sustancia mineral está formada por una serie de sales, de las cuales las potásicas constituyen el 60-70% y el resto lo componen fundamentalmente fosfatos de calcio y hierro.

El alpechín presenta un sistema redox muy complejo y una elevada capacidad tampón, para las variaciones de su pH.

Presenta fuerte actividad antimicrobiana, debido a la presencia de los polifenoles, que inhiben el desarrollo normal de esta flora responsable de los procesos de depuración. Ejerce una actividad fitotóxica sobre la germinación de las plantas.

Por contener ácido abscísico, rige el proceso de abscisión de los frutos e influye, además, sobre su germinación y senescencia.

En cuanto a su producción, si bien en sentido estricto cabe hablar de un máximo de 0,5 lts/Kg. para el procedente de molturación clásica y de 1-1,25 lts/Kg. en el sistema continuo, el efluente de las almazaras alcanza un valor algo mayor al mezclarse con el resto de las aguas del proceso.

Por ello y considerando un valor medio final de 1,00 lts./Kg de aceituna molturada la cantidad de alpechín en España alcanza aproximadamente la cifra de 2.000.000 m<sup>3</sup> con un contenido en sólidos totales de 180.000 Tm.

## CAUSAS DEL PODER CONTAMINANTE DEL ALPECHIN

Varias son las causas a las que se puede atribuir el poder contaminante del alpechín.

En primer lugar, las aguas residuales de las almazaras arrastran partículas en suspensión, como pueden ser, restos de orujo, fragmentos de huesos, productos derivados de fermentaciones naturales habidas durante el proceso, etc., que se van depositando en el lecho de los ríos produciendo la asfisia de los microorganismos que

depuran las aguas, destruyen las zonas donde desovan los peces y en el caso de ser orgánicos estimulan la actividad de ciertos microorganismos que al descomponerlas, consumen el oxígeno disuelto en el agua y desprenden gases perjudiciales y malolientes.

En segundo lugar tenemos que considerar los productos flotantes, integrados generalmente por grasas fragmentos de pulpa y otros elementos menos densos que el agua. La presencia de una capa superficial grasienta impide la aireación y la penetración de los rayos solares y consecuentemente, si ésta es demasiado intensa puede impedir el normal desarrollo de la vida animal y vegetal de las aguas. Los aceites, son además tóxicos para muchos seres vivos.

Aparece en tercer lugar materias en disolución que son ácidos, bases, sales, productos hidrocarbonados, iones de metales pesados, etc., que pueden actuar también destruyendo la vida de la población del cauce, impotabilizando el agua, o bien si son reductores químicos, consumiendo el oxígeno disuelto.

De todas las causas por las que las aguas residuales de las almazaras pueden provocar una grave contaminación de los ríos debemos resaltar su elevada demanda biológica de oxígeno, ya que son necesarios 50 gr. de oxígeno para depurar el alpechín procedente de la molienda de 1 Kg. de aceituna. Esta cifra nos señala que habría que diluir ese alpechín con 5.000 l. de agua en buenas condiciones, para evitar efectos perjudiciales en el cauce receptor.

Por este motivo y suponiendo cierta la cifra del volumen anual del mismo, que como decíamos asciende a 2 millones de m<sup>3</sup>, se precisarían 10.000 millones de m<sup>3</sup> de agua para conseguir la mencionada dilución, cantidad que es el doble de la capacidad total de los 59 embalses existentes en la cuenca del Guadalquivir.

Si comparamos estas aguas residuales, con las procedentes de las restantes industrias agroalimentarias, se puede comprobar que la concentración de sustancia orgánica en el alpechín es alrededor de 10 veces superior, por lo que pueda, sin duda, considerarse como la más contaminante de todas ellas, juntamente con los vertidos de las alcoholeras (vinazas) que tienen características similares.

## **BREVE DESCRIPCION DE LAS DISTINTAS FORMAS DE DEPURACION Y APROVECHA MIENTO DEL ALPECHIN**

El considerable volumen de alpechín producido anualmente en España habida cuenta de su contenido en sustancia seca, hace, que su vertido directo suponga una pérdida próxima a las 180.000 Tm./año de productos de posible utilización posterior y que son precisamente los causantes de su alto poder contaminante.

Las características de este efluente y su carácter estacional dificultan la aplicación de sistemas de eliminación o depuración que eviten los problemas medioambientales que provoca este agua residual.

El costo de las posibles instalaciones de eliminación o depuración suele ser bastante elevado, y lo mismo ocurre con los gastos de explotación de los distintos sistemas.

Existen, sin embargo, sistemas simples y poco costosos que pueden ser utilizados en muchos casos y otros de tecnología media que también podrían ser considerados, además de sistemas en fase de investigación y desarrollo que podrían ser interesantes para la eliminación o depuración del alpechín con el mejor aprovechamiento de los distintos elementos contenidos en este subproducto.

De cualquier forma creemos que no puede o no debe haber un único procedimiento de aprovechamiento y depuración de las aguas residuales de las almazaras, sino que éste debe ser múltiple, con objeto de dar opción a que los almazareros puedan decidirse por el método que más ventajas prácticas y económicas pueda reportar en cada caso particular.

Los distintos sistemas conocidos para este fin son los siguientes:

- \* Utilización como fertilizante.
- \* Vertido directo sobre el terreno para su evaporación y percolación.
- \* Almacenamiento en balsas para su evaporación.
- \* Adición a residuos sólidos orgánicos para la obtención de compost.
- \* Mezcla con el orujo producido en el proceso.
- \* Incineración.
- \* Concentración térmica.
- \* Concentración criogénica:
- \* Tratamiento físico-químico.
- \* Ultrafiltración.
- \* Ósmosis inversa.
- \* Depuración biológica aerobia.
- \* Desarrollo de microorganismos para la obtención de proteínas.
- \* Depuración biológica anaerobia. Biometanización del alpechín.
- \* Eliminación o depuración integral del alpechín:
  - Eliminación efluente anaerobio por concentración térmica.
  - Depuración aerobia del efluente anaerobio.
  - Tratamiento físico-químico del efluente aerobio.
  - Desarrollo de microalgas.

De todos estos sistemas las actuales investigaciones se orientan fundamentalmente sobre aquellos que tratan sobre:

- \* La concentración térmica.
- \* Los tratamientos de ósmosis inversa y ultrafiltración.
- \* Los procesos microbiológicos y
- \* La utilización del alpechín como fertilizante.

Nuestra ponencia va dirigida precisamente a la eliminación del alpechín aprovechando su valor fertilizante, tema al que dedicaremos lo que resta del presente trabajo.

## POSIBILIDADES DE LA UTILIZACION DEL ALPECHIN COMO FERTILIZANTE

Desde muy antiguo se ha recomendado el uso del alpechín como abono, en especial del olivo. Así lo preconizaba Abu Zacarías en 1148 y Alonso de Herrera en 1513 que recomendaba su empleo «diluido a la mitad y utilizado en poca cantidad».

Los primeros análisis que conocemos aparecen en la obra «Fabricación de aceite de oliva» de J. Gómez de Fuencarral publicada en 1882. En ella se señala su fuerte acidez y densidad variable, así como un contenido de 26 gr.de residuo seco o 7,63 gr. de ceniza.

El contenido de sustancias fertilizantes en el alpechín, queda reflejado, según J.A.Fiestas en el cuadro siguiente:

	Sistema clásico Kg/m <sup>3</sup>	Sistema continuo Kg/m <sup>3</sup>
Sustancia orgánica	105,00	26,00
N	2,00	0,60
P	0,50	0,10
K	3,60	1,20
Mg	0,20	0,04

Esto supone, que si aportamos a un terreno un riego de 100 m<sup>3</sup>/ Ha. de alpechín, este aporte constituye una fertilización normal en nitrógeno y magnesio, elevada en fósforo y extremadamente elevada en potasio.

Exponemos a continuación algunas experiencias llevada a cabo para determinar las posibilidades de utilización del alpechín, como fertilizante del olivar y otros cultivos.

Albi (1960) expone los resultados obtenidos con la utilización del alpechín como fertilizante en parcelas de trigo y maíz. En su ensayo pretende comprobar las posibles ventajas de la utilización del fósforo y potasio contenidos en el alpechín en comparación con el potasio y fósforo mineral (CIK y superfosfato del 18%) llegando a la conclusión de que dichos macronutrientes contenidos en el alpechín pueden sustituir ventajosamente a los aportados mediante los abonos minerales que se encuentran en el mercado. Con la dosis de 1 lts./m<sup>2</sup> basta para alcanzar el nivel óptimo de potasio.

Escolano(1976), expone los resultados de unas experiencias realizadas para tratar de determinar de que forma y a qué ritmo, el potasio del alpechín incorporado al terreno, penetra en el mismo a medida que se producen aportes de agua.

De esta forma conociendo las características edafológicas de una tierra y la aportación de agua de riego o lluvia, se puede predecir como variaría el contenido de la tierra en potasio a distintas profundidades, lo que podría servir de guía para saber que especie vegetal se podría sembrar para que sus raíces pudieran utilizar dicho potasio.

Ferreira Llamas (1978) señala que el riego de los olivares o de otros cultivos

con alpechines diluidos, es norma frecuente en ciertas zonas de la Provincia de Jaén. Esta práctica viene realizándose habitualmente, con buenos resultados, en algunas localidades giennenses, en las que existen instalaciones que en épocas de molturación permiten la mezcla del alpechín con el agua de riego o las residuales urbanas, según los casos, distribuyéndose a través de la red de riego habitual, con lo que de una manera sencilla se elimina el alpechín aprovechando los elementos fertilizantes que contiene.

En la provincia de Ciudad Real, informa Alvarez (1979) que viene también, siendo práctica común emplear el alpechín como riego. En algunas almazaras disponen de equipos de bombeo, para llenar las cubas-cisternas de cooperativas que vierten el alpechín en sus campos. También, indica, es frecuente su utilización, mezclado con residuos vegetales para el abono de las vides, con resultados satisfactorios.

Della Mónica (1978 y 1980) y Potenz (1980) exponen las experiencias realizadas en suelos calcáreos con aportes de 480 m<sup>3</sup>/Ha. en los que comprueban el valor fertilizante del alpechín, pero advierten de ciertas precauciones relativas a los posibles aumentos de la salinidad del suelo y a la acumulación de potasio en el mismo.

Morisot (1979-1981) en un amplio y detallado informe, señala los ensayos realizados para conocer la evolución físico-química de los suelos regados con alpechín y sus efectos sobre el olivo.

Con dosis de 100 m<sup>3</sup>/Ha. y año no observa ninguna evolución des favorable en los diferentes terrenos examinados.

Constata, la ausencia de efectos tóxicos del alpechín sobre microflora del ciclo del nitrógeno en el suelo.

Los análisis demuestran un enriquecimiento significativo del potasio del terreno después de un riego de 100 m<sup>3</sup>/Ha.

Finalmente el análisis foliar, no refleja ninguna modificación en la composición química de las hojas de los olivares estudiados durante los años que han recibido la citada aportación de alpechín.

Morisot, también realiza experiencias con otros cultivos herbáceos utilizando alpechines sin neutralizar a dosis que corresponderían entre 200 y 800 m<sup>3</sup>/Ha.

Los ensayos realizados en macetas con gramíneas forrajeras, de notan que aplicando un riego con dosis a partir de 400 m<sup>3</sup>/Ha. sobre una plantación en crecimiento, provoca una baja significativa en el rendimiento. Del orden del 50%.

En relación con el periodo transcurrido entre la aportación de alpechín y el momento de la siembra, de los datos obtenidos, se llega a la conclusión de que, es necesario retrasar la siembra entre 45 días y 5 meses después del riego para conseguir resultados positivos con la utilización del alpechín como fertilizante.

En experiencias realizadas con verduras, con idea de estudiar la posible toxicidad del alpechín sobre raíces superficiales, se llega a la conclusión de que aportes de alpechín de 100 y 200 m<sup>3</sup>/Ha., no tienen influencia sobre el rendimiento de la cosecha, y por tanto no son tóxicos a estas dosis. Sin embargo, dosis superiores disminuyen el rendimiento.

Estudios realizados recientemente por M. Catalano y De Felice ( 1989) reafirman las cuestiones deducidas de los párrafos anteriores, llegando en muchos casos a conclusiones similares, en cuanto a los aportes de M.O., las dosis de alpechín utilizadas, y los efectos beneficiosos de los elementos nutritivos nitrógeno, fósforo y sobre todo potasio, aportados.

Por último mencionar los resultados prometedores y en algunos casos, parece que, espectaculares producidos al utilizar como fertilizantes los lodos procedentes de las balsas de evaporación de alpechines. En este sentido en el Simposio I., sobre Revalorización de los subproductos del olivar celebrado en Sevilla en 1988, se pusieron de manifiesto los buenos resultados obtenidos en los cultivos de invernadero almerienses.

Ensayos realizados en olivar adulto, por la Estación de Olivicultura de Jaén, utilizando 0, 50 y 100 Kg. de lodo por árbol no han aportado resultados significativos en los cuatro años en que lleva planteada la experiencia.

Pero no todas las opiniones de los investigadores son favorables a la utilización del alpechín para riego y fertilización. Así tanto Zucconi y Bukovac ( 1968) como Pompei y Codovilli (1974) desaconsejan esta práctica, debido a la fuerte **carga** contaminante del alpechín y su elevada presión osmótica motivada por su alta salinidad.

Fiestas Ros de Ursinos (XVIII Reunión Plenaria de la Asamblea de Miembros del Instituto de la Grasa y sus Derivados (octubre 1982) hace un inventario de los efectos favorables y desfavorables del alpechín como fertilizante; entre los efectos favorables cita.

- Ser muy ricos en potasio.
- Tener valores en nitrógeno, fósforo y magnesio, que aunque en menor medida que el potasio, son dignos de tener en cuenta.
- Contener un porcentaje de sustancia orgánica que fomenta el desarrollo de la microflora en el suelo, pudiendo mejorar sus propiedades físico-químicas en relación con su capacidad de retención de agua y de sales minerales.

Como características desfavorables señala:

- Salinidad elevada, lo que puede provocar una concentración muy alta de sales diversas en el suelo.
- Bajo pH, que puede proporcionar una acidez muy fuerte, aunque en los terrenos calcáreos se neutraliza inmediatamente y en los neutros o ácidos aunque produce una inmediata acidificación, se realiza una descomposición por oxidación y estos posibles efectos negativos quedan prontamente neutralizados.
- Abundancia de polifenoles, que con su poder fitotóxico explican los efectos desfavorables de los aportes de alpechines sobre cultivos en vegetación(efecto herbicida).

En definitiva podemos concluir que el alpechín puede tener un claro poder fertilizante si bien hay que tener precauciones en su manejo.

Ante esta situación en la Estación de Olivicultura de Jaén, durante las campañas 1981/82 y 1982/83 se realizaron unos ensayos preliminares con los que se

pretendió determinar el efecto del alpechín sobre la nascencia de ciertos cultivos (girasol y maíz), sembrados unos 2 meses después de la aportación del mismo.

En los dos años en que se mantuvo esta experiencia se observó que la nascencia de estos cultivos fue en general buena, sin encontrarse diferencias significativas entre las parcelas testigo y las que recibieron las diversas dosis de alpechín que se enumera en los cuadros n<sup>os</sup>. 1 y 2.

Todas estas consideraciones, unidas a la imperiosa necesidad de eliminar los alpechines sin poder proceder a su vertido directo en los cauces públicos nos llevó a pensar en la conveniencia de ensayar un método sencillo, para su eliminación de bajo costo y que no produjera contaminación ambiental intentando además aprovechar las propiedades fertilizantes del mismo.

## OBJETIVOS

Los objetivos planteados fueron:

- Eliminar el efecto contaminante del alpechín mediante una forma sencilla y económicamente viable.
- Observar sus efectos residuales acumulativos, y
- Comprobar su valor fertilizante.

## MATERIAL Y METODOS

Se dispusieron dos ensayos:

*ENSAYO I.* Eliminación del alpechín, comprobando su valor fertilizante en siembras de cultivo de verano.

*ENSAYO II.* Eliminación del alpechín comprobando su valor fertilizante en siembras de cereales de invierno.

Los tratamientos ensayados fueron:

*Tratamiento n<sup>o</sup> 1.* Testigo, sin aportación de alpechín.

*Tratamiento n<sup>o</sup> 2.* Incorporación de 100 lts./m<sup>2</sup> de alpechín.

*Tratamiento n<sup>o</sup> 3.* Incorporación de 200 lts/m<sup>2</sup> de alpechín en dos aportaciones de 100 lts./m<sup>2</sup> cada una.

*Tratamiento n<sup>o</sup> 4.* Incorporación de 300 lts/m<sup>2</sup> de alpechín en tres aportaciones de 100 lts./m<sup>2</sup>.

El alpechín utilizado procedía de la almazara experimental del Centro que dispone de una instalación con sistema continuo.

En el *primer ensayo* la experiencia se plantea en bloques al azar con seis repeticiones, utilizando parcelas elementales de 18 m<sup>2</sup> ( 6 x 3 m.) En cada parcela se siembran dos líneas de girasol y otras dos de maíz, efectuándose la siembra a golpes con una separación entre líneas de 75 cm. y entre golpes de 20 cm.

El periodo transcurrido entre la última aportación de alpechín y la siembra es de al menos dos meses.

Los cuidados culturales son los normales en este tipo de cultivos en regadío; pero sin aportación de ningún fertilizante químico.

En el *ensayo segundo* al estar efectuada la siembra en el momento de aportar el alpechín, es necesario disponer de doble número de parcelas, unas que están sembradas y otras que reciben el alpechín para ser sembradas al año siguiente. Se plantea la experiencia con el diseño estadístico de un doble cuadrado latino, en parcelas también de 18 m<sup>2</sup>. Se utiliza para la siembra cebada (Var. Zefir) que se implanta a voleo en el mes de Noviembre. Los cuidados culturales son los normales en este tipo de cultivo, salvo que no se aportan fertilizantes.

## RESULTADOS

En el ensayo primero los resultados de nascencia obtenidos se reflejan, en el cuadro nº 3.

Como puede verse los índice de nascencia han sido en general buenos y muy similares en todas las parcelas, no observándose diferencias significativas entre ellos. En general han sido mejores en maíz que en girasol.

En la inspección ocular de las parcelas, se ha observado siempre que el aspecto de las siembras era notablemente mejor en las eras regadas con alpechín. En las que habían recibido 200 ó 300 lts/ m<sup>2</sup> de alpechín, tanto el maíz como el girasol presentaban mayor vigor, con un color verde intenso y frutos de gran tamaño.

En cuanto a las cosecha de maíz, las medias obtenidas en los dos años controlados han sido las siguientes, considerando para la cosecha de las parcelas testigo el índice 100.

Tratamiento	Cosecha 1.985	KG/Ha 1.986	Media ponderada
Testigo	100	100	100 (A)
100 lts/m <sup>2</sup>	195 %	138 %	158 (A)
200 lts/m <sup>2</sup>	215 %	433 %	280 (B)
300 lts/m <sup>2</sup>	287%	250 %	263 (B)

Se han encontrado diferencias significativa al nivel del 95% de los dos primeros tratamientos (Testigo y 100 lts/m<sup>2</sup>) con los dos siguientes (200 y 300 lts/m<sup>2</sup>).

En girasol, la única cosecha controlada arrojó las siguientes cifras:

Tratamiento	Cosecha kg/Ha.	S/Testigo
Testigo	766,0	100 (A)
100 lts/m <sup>2</sup>	2.118,0	276 % (B)
200 lts/m <sup>2</sup>	3.474,0	453 % (C)
300 lts/m <sup>2</sup>	3.335,0	435 % (C)

Los datos son solo de una campaña, por lo que se exponen con las oportunas reservas.

En el ensayo relativo a la siembra de cereales de invierno, en las tres campañas que lleva establecido se ha efectuado la siembra durante el mes de noviembre utilizando cebada (Var. Zefir) que se sometió a los cuidados culturales normales, pero sin la utilización de ningún tipo de fertilizantes. Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

	Cosechas			Total acumulado		
	Kg/Ha. 1984	Kg/Ha. 1985	Kg/Ha. 1986	KgH/a.	MEDIA	%
Testigo	1.560,0	3.552,5	2.042,5	7.155,0	2.380,0	100 (A)
100 l/m <sup>2</sup>	2.535,0	4.092,5	1.517,0	8.144,5	2.715,0	113,8 (A)
200 l/m <sup>2</sup>	3.990,0	4.330,0	2.890,0	11.210,0	3.736,7	156,7 (B)
300 l/m <sup>2</sup>	5.142,5	3.872,0	3.335,5	12.349,5	4.116,5	172,6 (B)

Realizado el análisis estadístico se han encontrado diferencias significativas al nivel del 99% entre los distintos tratamientos, cuando difieren las letras.

## EVOLUCION FISICO-QUIMICA DE LOS SUELOS

El temor de que las aportaciones periódicas e ininterrumpidas de alpechín sobre el terreno agrícola, pudiera acumular una cantidad excesiva de determinados elementos contenidos por este efluente cuya concentración llegará a presentar efectos tóxicos sobre los futuros cultivos nos indujo a estudiar la evolución, en los mismos, de los contenidos en materia orgánica y en potasio, así como el posible aumento de la salinidad.

Aunque de la bibliografía consultada (Morisot-1979) deducíamos que con dosis de 200 m<sup>3</sup>/Ha, solo dos parámetros aumentaban ligeramente; la salinidad y el potasio, al forzar considerablemente estas dosis creímos conveniente proceder a la determinación de las cuantías de estos parámetros en los suelos tratados.

Por ello se tomaron muestras de suelo y subsuelo de todas y cada una de las parcelas que recibían las distintas dosis de alpechín haciéndose las determinaciones en los años 1984 y 1986. Se pretendía comprobar la acumulación de estos elementos después de las aportaciones de tres años consecutivos.

Las medias de los resultados obtenidos pueden verse en los gráficos correspondientes de los que se deduce una clara influencia del contenido en materia orgánica en el suelo que aumenta tanto con los años como con la cuantía de la dosis vertida.

Menor influencia se advierte de esta acumulación en el subsuelo.

El contenido del potasio en suelo aumenta muy ligeramente del año 1984 al 86, sin embargo en el subsuelo si se nota un incremento mas importante.

En cuanto a la salinidad también se observan ligeros incrementos de la misma con el transcurso de los tres años, pero al igual que ocurría con el potasio estos aumentos no se corresponden exactamente con la dosis de alpechín aportado. En el subsuelo se presenta una situación similar, si bien parece observarse un mejor incremento en la dosis de 100 y 200 lts/m<sup>2</sup>.

Como conclusión y al cabo de estos tres años, no parece que la acumulación de los elementos estudiados pueda tener una especial importancia, pero es, sin duda interesante seguir teniendo en cuenta estas posibles acumulaciones en años sucesivos.

## **CONCLUSIONES**

Por cuanto al simple hecho de eliminar el alpechín, consideramos que el sistema es perfectamente viable en aquellos casos en que en lugar próximo a la almazara exista una superficie de terreno que tendría que ser del orden de una ha. por cada 3.000 m<sup>3</sup> de alpechín producidos, lo que equivale a poder eliminar en dicha superficie el alpechín producido en la molturación de la aceituna de 1.000 Ha. de olivar.

De los buenos resultados obtenidos con cultivos de verano parecen tener un especial interés los relativos al girasol, por tratarse de un cultivo de secano y que puede implantarse con éxito en terrenos menos fértiles.

En donde se disponga de terreno suficiente, duplicado la citada superficie podrán obtenerse buenas cosechas de cereales de invierno, sin necesidad de aportes fertilizantes adicionales.

Finalmente mostrar nuestras reservas sobre la posible contaminación del terreno (aumento de salinidad, etc.) al acumular las aportaciones de alpechín año tras año, circunstancia está, que ciertamente no se había presentado y que en buena parte condicional los objetivos marcados en el nuevo proyecto de investigación que pasamos a exponer.

## **NUEVO PLANTEAMIENTO DE LA EXPERIENCIA**

A la vista de los resultados obtenidos durante estos años, la experiencia se replantea incluyendo un nuevo objetivo: «Comparar el poder fertilizante del alpechín con el de un abonado mineral equilibrado».

Las dificultades que presenta el manejar dos cultivos dentro de una misma parcela (debido a sus distintas necesidades hídricas y nutritivas), aconseja prescindir de uno de ellos, eligiéndose el maíz para continuar el ensayo primero.

Cada parcela recibirá en su momento la dosis de alpechín que venía recibiendo. Para asegurar el nulo efecto residual de la humedad aportada con el riego de alpechín las distintas parcelas recibirán aportaciones de agua que igualen su nivel hídrico.

Llegado el momento de la siembra del maíz cada parcela se dividirá en dos de 3 x 3 = 9 m<sup>2</sup>. En una de estas subparcelas se mantendrá la experiencia tal y como se ha venido realizando hasta ahora. En la otra se va a incorporar abono químico en las

cuantías necesarias para que entre los elementos N - P y K incorporados en el alpechín yaquellos que contengan los abonos minerales obtengamos un abonado equilibrado para la siembra, suponiendo que la extracción de elementos fertilizantes va a corresponder a la de una cosecha de 10.000 Kg/Ha.

De esta manera podrá determinarse cual es el valor en pesetas del alpechín incorporado, al compararlo con abonos minerales que tienen su valor en el mercado.

En el ensayo segundo se efectúa un planteamiento muy similar, dividiendo también cada parcela en dos subparcelas, etc. Las dos únicas diferencias con el primer ensayo, son las siguientes:

- 1) En las parcelas regadas en Enero-Febrero, en las que la cebada no se va a implantar hasta Noviembre se efectuará una siembra intermedia de girasol para intentar agotar al máximo las reservas nutritivas del suelo.
- 2) La incorporación de los fertilizantes químicos en la cebada se harán con una dosis equilibrada de dichos abonos, independiente de la dosis de alpechín recibida.

En primer lugar es necesario aclarar, que de los análisis de alpechín se dedujo que todas las parcelas habían recibido aún con la dosis más baja de 100 lts/m<sup>2</sup>, una cantidad de N-P-K suficiente para cubrir las extracciones de las futuras cosechas de maíz. Por lo tanto sólo debía aportarse las dosis mencionadas de abonos minerales a las subparcelas de las parcelas testigo. Nos quedarían pues cinco tratamientos.

- Testigo sin alpechín ni abono mineral.
- Testigo sin alpechín pero con abono mineral.
- Alpechín en una dosis de 100 lts/m<sup>2</sup>.
- Alpechín en una dosis de 200 lts/m<sup>2</sup>.
- Alpechín en una dosis de 300 lts/m<sup>2</sup>.

En cuanto al ensayo con maíces, la nascencia ha sido excelente y muy similar en todos los tratamientos con cifras superiores al 91% en las parcelas testigo, del 92% en las parcelas con N-P-K y del 94% en las tratadas con alpechín.

Como puede apreciarse, en el primer año, las parcelas con mayor dosis de alpechín tienen una producción superior a todas las demás superando aún a las parcelas que recibieron la dosis equilibrada de abono mineral en un 15% aproximadamente.

Posteriormente las producciones muestran una tendencia a igualarse siendo la media de las mismas ( en los tres años, en que lleva planteado el ensayo), sensiblemente igual en las parcelas con N-P-K y en las que han recibido cualesquiera de las tres dosis de alpechín utilizadas.

Análogas circunstancias podemos observar al analizar los resultados obtenidos con los cereales de invierno por lo que podemos deducir que hasta el momento, y salvo presentarse problemas de contaminación del suelo, el abono N-P-K puede sustituirse por aportaciones de alpechín, con el consiguiente beneficio económico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALBI ROMERO, M.A. FIESTAS ROS DE URSINOS, J.A. 1960. Estudio del alpechín para su aprovechamiento industrial. Ensayos efectuados para su posible utilización como fertilizante.- *Grasas y Aceites*. 11(3) 123-24.

ALMEIDA J.R. 1953 Trab. apres. ao 8 th Congresso International das industrias agrícolas. Bruxelas 1950. *Journal de piracicaba*, Sao Paulo.

ALVAREZ MARTINEZ, A. 1979 - Actuaciones realizadas por los almazareros para la eliminación de los vertidos de alpechín a cauces públicos. XV Asamblea de Miembros del Instituto de la Grasa y sus Derivados. Sevilla, Mayo 1979. 6 pág.

CARBALLO CAABEIRO, J. Catedrático E.T.S.I.A. de Madrid, Tratamientos sencillos de aguas residuales de industrias agrarias y de explotaciones ganaderas. Madrid, 1981.

DELLA MONICA, M. POTENZD, RIGHETTI, E. VALOPICELLA, M., 1978. Effetto inquinante delle acque reflue della lavorazione delle olive su terreno agrario. I evoluciones del pH, dei composti azotati e dei % fosfati. *Inquinamento*, 20, (10), 81-87 II: Evoluzione dei lipidi, dei polifenoli e delle sostanze organiche in generale. *Inquinamento*. 1979, 21 (1) 27-30.

ELLA MONICA, M. AGOSTIANO, A., POTENZ, D., RIGHETTI, E., VOLPICELLA, M. 1980, Degradation treatment of waste water from olive processing. *Water, Air. soil Pollut.*, 13 (2), 251-256.

ESCOLANO BUENO, A. 1976, Ensayos de percolación del potasio aportado a terrenos de cultivo mediante riegos con aguas residuales de almazara. XII Asamblea de Miembros del Instituto de la Grasa y sus Derivados. Mayo 16 p.

FERREIRA LLAMAS, J. 1978. INIA Estación de Olivicultura y Elaiotecnica. Jaén.

FIESTAS ROS DE URSINOS, J.A. Problemas del aprovechamiento y depuración de las aguas residuales de las almazaras. XIII Reunión Plenaria de la Asamblea de Miembros del Instituto de la Grasa y sus Derivados. Sevilla Mayo 1977.

FIESTAS GONZALEZ DEL CORRAL, P y J.A. FIESTAS ROS DE URSINOS. «Posibilidades de utilización del alpechín como fertilizante». Congreso sobre tecnologías de bajo costo para la depuración de aguas residuales. Madrid. Nov. 1981.

FIESTAS ROS DE URSINOS, J.A. «Utilización de las aguas residuales en la industria agroalimentaria para riego y fertilización». 1982.

FIESTAS ROS DE URSINOS, J.A. «El alpechín como fertilizante». XVIII Reunión Plenaria de la Asamblea de Miembros del Instituto de la Grasa y sus Derivados . Sevilla Octubre 1982 .

GARCIA MEDINA, F., «Aplicación de aguas residuales y lodos como fertilización». Seminario sobre tratamientos y reciclado de aguas residuales de bajos costos económicos y energéticos. Madrid. Octubre, 1982.

IELMINI, M. SANNA, M. PELOSI, N. 1976. Indagine sulle acque di rifiuto degli stabilimenti di produzione olearia in provincia di Roma: Possibilita di depurazioni. *Industrie alimentari*. 15. 11(133),123-131 .

LEON CABELLO, R., J.A. FIESTAS ROS DE URSINOS. «Evacuación de alpechines en balsas de evaporación», 1981.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. 1979. Dirección General de Industrias Agrarias. Análisis del Sector de extracción de aceite de oliva (almazaras). Madrid.

MORISOT, A. 1979. Utilization des margines par epandage. L'olivier. 19 (1) 8-13.

MORISOT, A. 1981. Etude de l'epandage des margines des moulins d'olives. Institut National de la Recherche Agronomique Station de Science du Sol - 8 p. 78. 06602 - Antibes Cedex(Francia).

POMPEI, C., CODOVILLI, F. 1974, Risultati preliminari sul trattamento di depurazioni delle acque di vegetazione delle olive per osmosi inversa. Scienza e tecnologia degli alimenti, 4 363-364

POTENZ, D., RIGHETTI, E., VOLPICELLA, M. , 1980. Effetto inquinante delle acque reflue della lavorazione delle olive su terreno agrario 3. caratteristiche e qualità delle sostanze umiche,comportamento di alcune erbacee. Inquinamento, 22 (2), 65-68.

PULGAR ARROYO, J. «Sistemas económicos de tratamientos de aguas residuales en las industrias agroalimentarias». Congreso sobre nuevas tecnologías para la depuración de aguas residuales. Madrid. 1981.

ZUCCONI, F., BUKOVAC, M.J., 1969. Analisi sull'attività biologica dell'acqua di vegetazione. 53 (5), 443-461.

FIDALGO BRAVO, D. «La contaminación del Rio Guadalquivir Mayo» de 1976.

FIESTAS ROS DE URSINOS; J.A. Grasas y Aceites 9 (1958) 126-135

FIESTAS ROS DE URSINOS, J.A. Bol Oleicultura. Inst. 8 (1958)42.

FERNANDEZ DIEZ, M.J., y GONZALEZ PELLISO, F. Grasas y Aceites. 7 (1956) 185-89.

GOMEZ HERRERA, C. y JANER DEL VALLE, C. Grasas y Aceites. (1956).294-302

FIESTAS ROS DE URSINOS, Bol. Oleicultura. Inst.8 (1958) nº 43. 27-98.

ESCOLANO BUENO. Grasas y Aceites. 26 (1975) 387-395.

FIESTAS ROS DE URSINOS; J.A. Grasas y Aceites 9 (1958).249-58.

FIESTAS ROS DE URSINOS; J.A. Características y problemática de las aguas residuales de las almazaras. Vigo. 1977.

FIESTAS ROS DE URSINOS, J.A. Depuración de aguas residuales en las industrias de aceitunas y aceites de oliva. Mayo 1976. XII Reunión Plenaria de la Asamblea de Miembros del Instituto de la Grasa y sus Derivados.

GOMEZ URIOS, F. Aprovechamiento del alpechín y otros residuos agrarios. Una experiencia a escala industrial. II Congreso nacional sobre recuperación de recursos de los residuos, tecnologías. Soria. 1984.

FIESTAS ROS DE URSINOS, J.A. Aprovechamiento y depuración del alpechín. XX Curso de especialización de Grasas. 1988.

FIESTAS ROS DE URSINOS, J.A. Depuración integral del alpechín mediante procesos biológicos. Curso Superior de especialización en Elaiotecnia. 1990.

FIESTAS ROS DE URSINOS; J.A. Información sobre tratamiento de aguas residuales en las industrias de las grasas. XV Asamblea de Miembros del Instituto de la grasa y sus Derivados. Mayo 1979.

ABU-ZACARIA. 1.148, Libro de Agricultura. Trad. de Clement de Millet.

Cuadro I  
**Ensayos previos**  
**Cultivo: Maiz. Control de Nascencia**

Tratamientos	% Nascencia		Media por tratamiento
	1982	1983	
Testigo	74,17	65,00	69,58%
100 lts/m <sup>2</sup> Alpechín	83,33	62,50	72,91%
200 lts/m <sup>2</sup> Alpechín	76,67	57,50	67,09%
300 lts/m <sup>2</sup> Alpechín	85,83	71,67	78,75%
MEDIA	80,00	64,17	—

Cuadro II  
**Ensayos previos**  
**Cultivo: Girasol. Control de Nascencia**

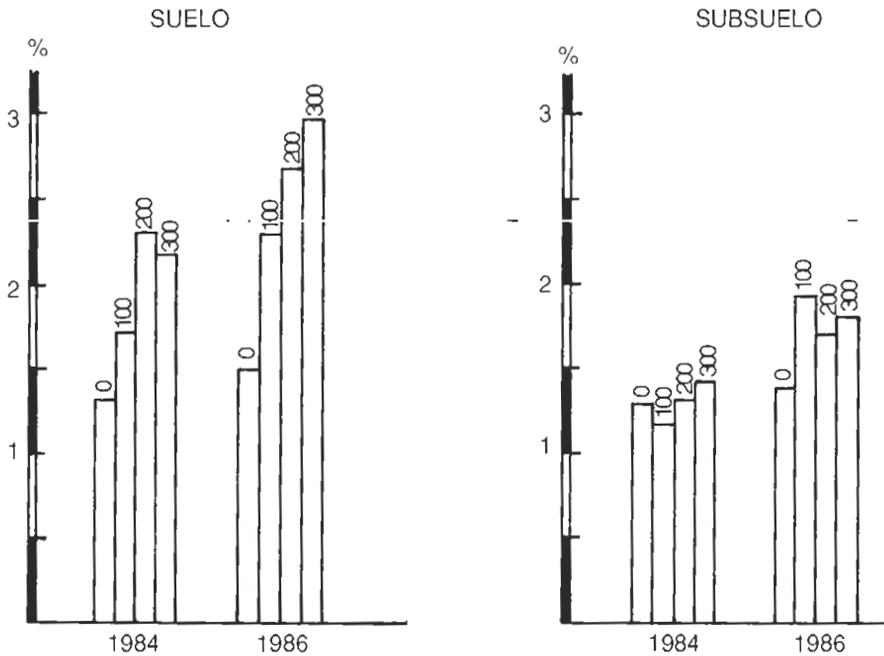
Tratamientos	% Nascencia		Media por tratamiento
	1982	1983	
Testigo	76,67	77,50	77,08%
100 lts/m <sup>2</sup> Alpechín	69,17	68,33	66,75%
200 lts/m <sup>2</sup> Alpechín	64,17	65,83	65,00%
300 lts/m <sup>2</sup> Alpechín	78,33	78,33	78,33%
MEDIA	72,08	72,50	—

Cuadro III  
Ensayo I

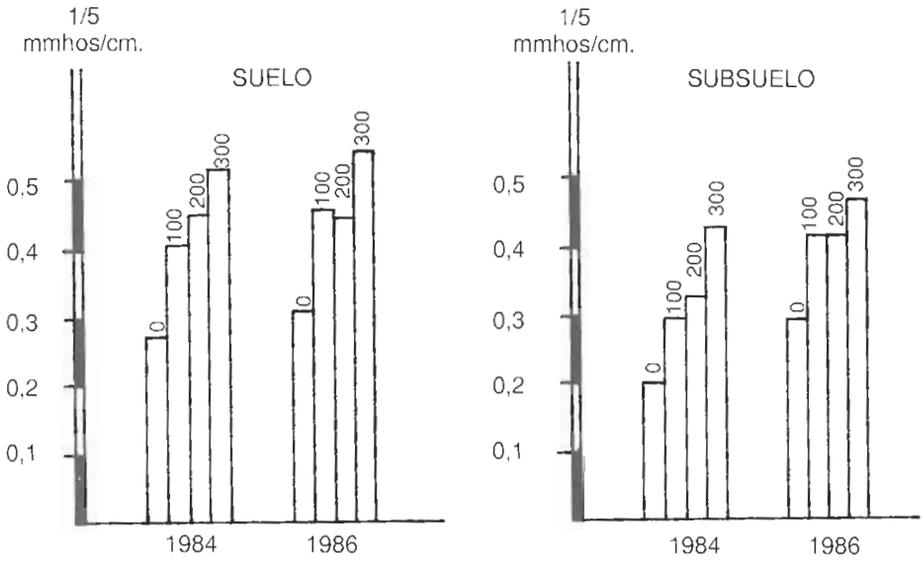
Tratamientos Alpechín	Maiz				Girasol			
	% Nascencia			Media por tratamiento	% Nascencia			Media por tratamiento
	1984	1985	1986		1984 (*)	1985	1986	
Testigo 0 lts./m <sup>2</sup>	70,83	79,16	92,30	80,76	21,88	66,20	80,00	56,03
100 lts/m <sup>2</sup>	68,40	85,42	94,48	82,77	28,13	73,84	85,28	62,42
200 lts/m <sup>2</sup>	73,26	86,34	92,00	83,87	24,65	61,81	84,95	57,14
300 lts/m <sup>2</sup>	67,71	82,64	91,80	80,72	28,82	58,80	82,33	56,65
MEDIA	70,05	83,39	92,65	—	25,87	65,16	83,14	—

(\*) Ataque de rosquilla.

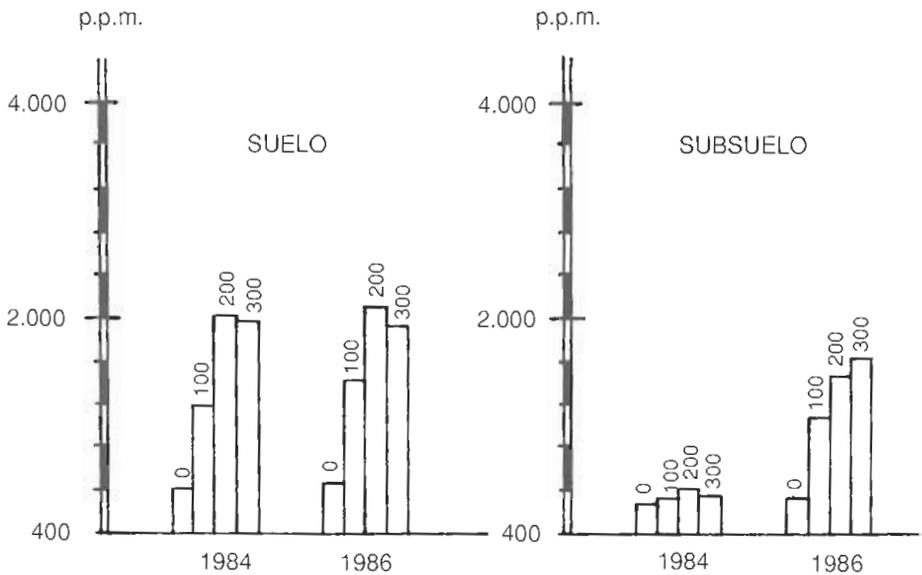
### MATERIA ORGANICA



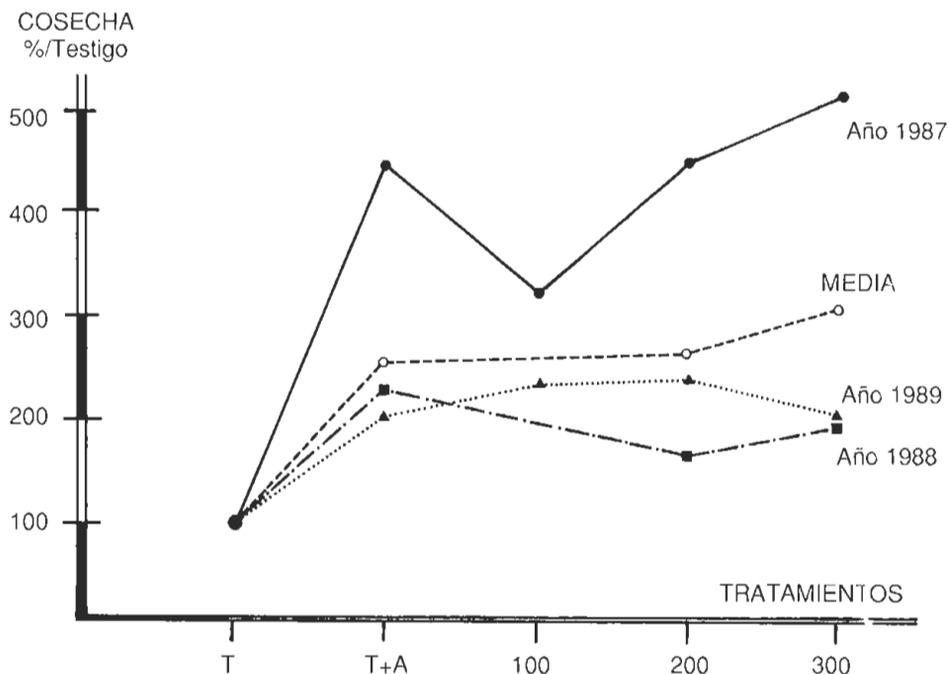
## SALINIDAD



## POTASIO



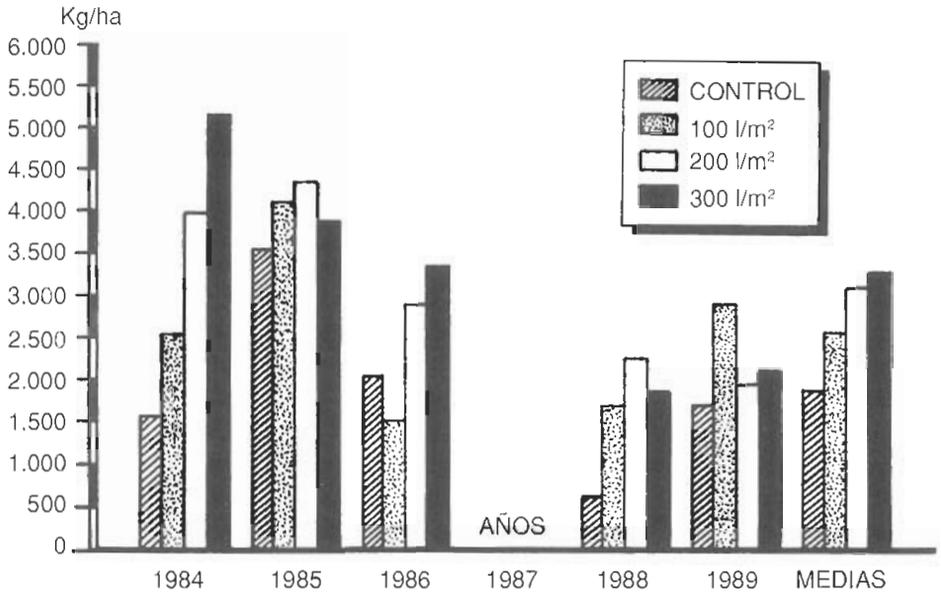
### PRODUCCIONES DE MAIZ (Años 1987-88-89)



### COSECHA DE MAIZ

Años	Testigo sin abono (kg/Ha.)	Testigo con abono (kg/Ha.)	100 l/m <sup>2</sup> alpechín (kg/Ha.)	200 l/m <sup>2</sup> alpechín (kg/Ha.)	300 l/m <sup>2</sup> alpechín (kg/Ha.)
1987	1898	8426	7130	8667	9722
1988	2706	6128	5499	4582	5224
1989	3568	7303	8457	8477	7699
MEDIA	2724	7286	7029	7242	7548

## PRODUCCIONES DE CEBADA



Tratamientos	Cosechas (Kg/Ha.)						Media
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	
Testigo	1560	3552	2042	ACCIDENTE	599	1663	1883
100 lts/m <sup>2</sup>	2535	4092	1517		1667	2890	2540
200 lts/m <sup>2</sup>	3990	4330	2890		2241	1931	3076
300 lts/m <sup>2</sup>	5142	3872	3335		1843	2088	3256

**III**  
**UTILIZACION DE LOS**  
**ALPECHINES**  
**COMO FERTILIZANTES**

**M. CATALANO (\*)**  
**M. DE FELICE (\*)**

(\*) Facultad de Agronomía. Universidad de Bari (Italia).



# UTILIZACION DE LOS ALPECHINES COMO FERTILIZANTES

M. Catalano y M. de Felice

## INTRODUCCION

En un editorial aparecido recientemente en «Sole 24-ore»(1), en relación con el problema de las algas en el alto Adriático, Tamburrino considera que la Ley 319/76 (Ley Merli) está inspirada en un «normativismo sin alma» que «genera con mucha frecuencia efectos contraproducentes».

En efecto, sostiene, y no está equivocado, que las depuradoras, tal como están previstas en la ley, no eliminan las sustancias nutrientes, sino que las hacen más fácilmente asimilables.

En una época menos reciente, Testini (2), en un examen general sobre la utilización agrícola de las aguas residuales, se inclina por un empleo cada vez mayor en agricultura de estas aguas, que deben considerarse verdaderos y propios recursos. En la misma ocasión, Sequi (3) afirmó que sólo el reciclado completo de los residuos puede resolver el problema; las depuradoras alejan el problema, pero no lo resuelven hasta el punto de que el desagüe de los residuos *forzosamente implica al terreno*.

De estas consideraciones, lejanas por el lapso de tiempo transcurrido, pero que afrontan con igual filosofía el problema de los residuos, tanto civiles como industriales, se desprende la necesidad de tener muy en cuenta tal posibilidad al valorar las opciones para el desagüe de los residuos.

Los motivos principales que están en la base del interés por este tipo de utilidades pueden, por tanto, compendiarse así:

1) Aumentar la disponibilidad de sustancia orgánica del terreno agrario, responsable como es sabido de la fertilidad «biológica».

2) recuperar, de forma casi total, los elementos nutritivos para las plantas, que pasan a ser utilizables y asimilables como consecuencia de los procesos de degradación biológica, química y física que se producen en el terreno agrario (4).

3) Utilizar el terreno agrario para el desagüe y degradación de las aguas residuales, alternando con tecnologías de depuración cada vez más complicadas y costosas, que satisfagan una norma cada vez más restrictiva.

4) Reducir fuertemente los consumos energéticos.

## LAS AGUAS RESIDUALES

Restringiendo el campo al examen de las aguas residuales (A.R.), producto de la elaboración mecánica de las aceitunas, debe aclararse ante todo que corresponden, en sustancia, al jugo de la pulpa de las drupas con un pequeño residuo de aceite, jugo que no ha sufrido ningún tratamiento ni recibido ningún aditivo, con excepción de las eventuales aguas de dilución y/o de lavado, por lo que dichas aguas deben considerarse, sin ninguna excepción, material exento de bacterias y virus patógenos y de contaminantes minerales y orgánicos tóxicos.

Sobre la composición químico-física y química de las aguas residuales hay disponible una gran masa de datos, recientes y menos recientes (5, 6, 7, 8, 9, 10).

En síntesis, se puede considerar que corresponde a la más amplia realidad industrial la siguiente composición de las A.R. (Cuadro I), en relación con los parámetros, más significativa por lo que se dirá a continuación.

Tabla I  
Composición de las A.R.

		Residuos por fábricas			
		Tradicionales		Continuas	
		media	límites	media	límites
Sólidos totales	g/l	145	15-260	55	10-160
Sólidos en suspensión	g/l	2,2	0,7-1,0	10	70-26
Estrato etéreo	g/l	3,0	0,5-10	6,5	0,8-30
C.O.D.	g/l	150	42-350	70	15-190
B.O.D. <sub>5</sub>	g/l	92	45-135	45	17-41
Polifenoles totales	g/l	6	1-14	3	0,4-7
Cenizas	g/l	20	4-23	8	1,5-12
Fósforo total (PO <sub>4</sub> <sup>'''</sup> )	g/l	1,5	0,48-2,80	0,5	0,13-1,51
Potasio (K <sup>+</sup> )	g/l	4,0	1,50-6,00	2,0	0,8-3,50
Nitrógeno total (N)	g/l	0,70	0,25-1,10	0,40	0,18-1,00
pH		5,40	4,70-5,70	5,35	4,50-5,90

Se pone de relieve la conocida variabilidad de composición, así como la elevada carga orgánica que puede alcanzar, como promedio, si se expresa como sustancia seca, 100 - 150 Kg/m<sup>3</sup> de A.R., como también una cantidad de elementos fertilizantes que pueden tener los siguientes valores:

Nitrógeno total (como N) 0,6 - 1,0 Kg/m<sup>3</sup>, potasio (como K<sub>2</sub>O) 4,5 - 6,0 Kg/m<sup>3</sup>, fósforo total (como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 1,0 - 1,5 kg/m<sup>3</sup>.

En el caso de fábricas continuas los valores mencionados presentan en promedio una reducción que corresponde a casi el 50%, con excepción del extracto etéreo que resulta sensiblemente más elevado.

Así pues, si se quiere atribuir un valor fertilizante a las A.R., deberán tenerse en cuenta los datos señalados, así como sus amplias oscilaciones.

## LA ACCION FERTILIZANTE DE LAS A.R.

El empleo de las A.R. en la fertilización es un tema bastante reciente, ya que en el pasado se tenía la opinión de que producía esterilidad en el terreno agrícola. Reconocida la necesidad de su desagüe se ha propuesto, como posibilidad alternativa de depuración biológica, la distribución en el terreno agrario, con la doble finalidad de realizar su degradación y al mismo tiempo enriquecer el terreno en elementos nutritivos. Tanto es así que la literatura sobre este tema es de fecha relativamente reciente.

Fiesta Ros de Ursinos (12) refiere que en algunas provincias olivareras españolas es práctica común utilizar las A.R., eventualmente neutralizadas con cal, para fertilizar los olivares, a razón de 100-200 l. por planta; refiere, además, que el Instituto de la Grasa de Sevilla, realizando pruebas de cultivo de maíz y de trigo en terrenos tratados con A.R., ha obtenido rendimientos ligeramente superiores a las de las parcelas testigo.

Marisot (13) confirma estos resultados e informa de que en la provincia española de Jaén es práctica común el fertirregadío de los olivares con A.R. y considera que un aporte de 100 m<sup>3</sup>/Ha corresponde a una discreta fertilización nitrogenada y fosfatada, junto con un elevado aporte de potasa: concretamente 50-60 Kg de nitrógeno (en forma orgánica), de 70 a 200 Kg de fosfatos (como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), de 350 a 1.100 Kg de potasa (como K<sub>2</sub>O).

Pruebas de distribución de A.R. realizadas por el mismo autor en suelo agrario, sucesivamente cultivado con lechuga, han demostrado que los rendimientos de la recolección no dan diferencias apreciables, con dosis hasta 200 m<sup>3</sup>/Ha y con transplante de la lechuga diez días después de la distribución de las A.R. Otras pruebas, efectuadas por el mismo autor en invernadero y en tiesto cultivando una gramínea forrajera (*loietto italico*) en terreno tratado con dosis entre 200 y 800 m<sup>3</sup>/Ha han permitido comprobar, para siembras efectuadas no menos de 45 días después del vertido de las A.R., unos efectos positivos correspondientes a unos incrementos de producción de 120 a 145% respecto al testigo. Se han registrado efectos negativos con siembras efectuadas inmediatamente después y a una distancia de 15 días de la contribución de las A.R.

El autor concluye que los cultivos experimentados, incluido el olivo, parecen beneficiarse de la carga fertilizante de las A.R., siempre que la distribución se efectúe por lo menos tres semanas antes de la actividad vegetativa.

Janer del Valle (14), en una revisión crítica, expresa un juicio positivo sobre la distribución de las A.R. en terreno agrario.

También Perrone (15) señala –sin proporcionar, no obstante, datos experimentales– la utilidad de destinar las A.R. al terreno agrícola, si bien considera que tal solución encuentra limitaciones en el coste de su transporte y vertido.

Proietti et al. (16) han efectuado pruebas suministrando A.R. a plantas de olivo en tiesto y en pleno campo. Se ha demostrado que en los días posteriores al tratamiento no sufren modificación, con respecto al control: la actividad fotosintética, la transpiración, la conductividad estomática, el contenido en clorofila y en carbohidratos, el peso específico de las hojas de las plantas tratadas. Los autores señalan, además, a 14 meses del tratamiento, igual carga micróbica del terreno.

Potenz et al (17) proporcionan una serie de datos relativos a la valoración de la fitotoxicidad inducida en el terreno tratado con A.R. así como a su evolución. Empleando como test la germinabilidad de *lepidium sativum* demuestran que las A.R. tienen un elevado efecto fitotóxico y que tal efecto se reduce con el tiempo; después de 140 días la toxicidad es prácticamente nula mientras que la sustancia orgánica se metaboliza hasta su mineralización en cerca del 60%. En todo caso, el efecto fitotóxico está en relación con las cantidades de A.R. añadidas.

En otra serie de notas, Della Monica, Potenz et al (18,19) indican los resultados sobre la evolución de los lípidos, de las sustancias polifenólicas y de las sustancias orgánicas, en general, de las A.R. una vez distribuidas en el terreno agrícola. Concluyen que las A.R. producen inicialmente profundas modificaciones de naturaleza química, químico-física y biológica; posteriormente las actividades micróbicas transforman y degradan la sustancia orgánica, el nitrógeno orgánico se mineraliza, el terreno se enriquece sobre todo con sales de potasio; en definitiva «se pone de relieve un efecto fertilizante».

Desde 1980, el Instituto de Industrias Agrarias de la Universidad de Bari realiza investigaciones sobre la posibilidad y oportunidad de verter las A.R. en suelo agrícola, investigaciones que se refieren al efecto metabolizante del terreno agrícola sobre las A.R.; al efecto contaminante de los estratos de terreno subyacentes al arable; al efecto fertilizante.

Se han realizado una serie de ensayos, algunos en pleno campo, en terrenos variados, plantados con olivos y con viñedos, así como en terrenos muy diversos por características mecánicas, físicas y químicas, empleando grandes tiestos con lo que era posible tomar muestras del terreno a diversa profundidad, sin alterar el yacimiento.

Se ha conseguido una importante cantidad de datos experimentales, de los que damos a continuación los más significativos.

Se han obtenido los siguientes resultados de plantas de olivo (aceitunas de mesa) de unos 10 años tratadas con A.R. hasta con 150 m<sup>3</sup>/Ha.

- Aumento de la fertilidad del terreno, ya que se registra mayor disponibilidad de fosfatos y, sobre todo, de potasio.

- Notable actividad metabolizante, con el COD en el que se reduce en casi un 80% después de 60 días de tratamiento.
- Ningún efecto fitotóxico en las plantas en relación con su estado vegetativo.
- Mayor lozanía vegetativa y mejor estado nutricional de las plantas tratadas con producciones claramente superiores en relación con el testigo.

Pruebas de fertilización con A.R. (150 m<sup>3</sup>/Ha.) en terrenos plantados con viñedos en arbolillo, uno de variedad *verdeca*, otro de variedad *Montepulciano* han mostrado que la producción de uva en las parcelas tratadas con A.R. es, en promedio, más elevada. También es mayor el contenido en azúcares en el mosto, tanto si se expresa en porcentajes como si se refiere a la planta.

Por último el mosto obtenido de las uvas de las parcelas tratadas con A.R. presenta cantidades más elevadas, de potasio total. Estos resultados, junto con la aparente ausencia de fitotoxicidad hacen que se considere útil el fertirregadío de las viñas de vino con A.R.

En cambio, un ensayo de fertirregadío con A.R. (150 m<sup>3</sup>/ha) ha dado resultados negativos en el cultivo de la patata, solanácea escogida por su conocida exigencia de potasa (cuadros XII, XIII y XIV). A una acción fitotóxica, «visual», registrada en el primer año y, sobre todo, en el curso de la primera fase vegetativa, ha seguido una producción de tubérculos netamente más baja; en el segundo año se ha dado una inversión de la producción, como efecto residual; este efecto ha reducido la desviación negativa, pero no la ha anulado.

Por último, una última prueba ha servido para valorar el grado de penetración de las A.R. en los estratos subyacentes al arable, también en relación con el tipo de terreno. En efecto en tres tipos de terreno muy diferentes sobre todo por las características mecánicas y físicas: uno limo-arenoso (A), otro limo-arcilloso (B), el tercero preferentemente arenoso (C) se ha podido observar, en cada caso una rápida disminución de la fracción orgánica soluble, paralela a la que se produce empleando estiércol «maduro», así como un interés limitadísimo –a cualquier distancia del tiempo del vertido– del estrato correspondiente a 60-65 cm. de profundidad, en relación con el componente orgánico soluble.

## CONCLUSIONES

Las investigaciones realizadas hasta ahora por numerosos Entes e Institutos de investigación sobre la posibilidad de emplear las A.R. de las almazaras para el fertirregadío han proporcionado una gran masa de datos, de los que, en el estado actual, pueden sacarse las siguientes conclusiones.

1) La carga orgánica, muy elevada, de las aguas residuales se degrada en el terreno agrícola en un tiempo relativamente breve; por lo tanto, en general, no se producen acumulaciones después de la distribución (< 100 m<sup>3</sup>/Ha) repetidas anualmente.

2) Siempre que la distribución de las A.R. (< 100 m<sup>3</sup>/Ha) se realice uniformemente, los estratos subyacentes al arable (>60-65 cm.) no parecen verse afectados

por la penetración de material orgánico; en todo caso, no más de lo que se produce con un abonado con estiércol «maduro».

3) El terreno tratado con A.R. resulta netamente enriquecido con elementos nutritivos: nitrógeno, fósforo y sobre todo potasio.

4) La mayor fertilidad del terreno tratado con A.R. ejerce efectos favorables sobre las plantas de olivo y las vides. En cambio, en plantas herbáceas, como la patata, el efecto fitotóxico prevalece sobre el fertilizante, el cultivo se planta a menos de 80-90 días de la distribución de las A. R .

5 ) El efecto fitotóxico parece también evidente en la casi totalidad de las hierbas dañinas y tiene también una duración de 80-90 días.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Tamburrino A., Per un'overdose di alghe non é morto nessun mare. Sole - 24 ore, 7 . 9.1988.

2. Testini C., Problemi connessi all'utilizzazione agricola delle acque reflue . Acqua - Aria, 2, 241 - 245 ( 1980 ) .

3. Sequi P., L'Acqua, la fertilita del terreno e l' impiego delle acque reflue. Acqua - Aria, 2, 231 - 240 (1980).

4. Pagnotta R., La Noce T., Pettine N., Puddu A., L' influenza della qualita delle acque sugli organismi vegetali. Atti Convegno Naz. «Inquinamento idrico e conservazione dell'ecosistema» - Vico Equenze, 1985 .

5. Fiestas Ros de Ursinos J.A., Estudio del alpechin para su aprovechamiento industrial. I. Concentración de los azúcares y demás sustancias que lleva en emulsión y disolución por tratamiento con óxido de calcio . Grasas y Aceites, 4, 63 - 67 (1953).

6. Fiestas Ros de Ursinos J.A., Estudio del alpechin para su aprovechamiento industrial. Separación de algunos de sus componentes e identificación de los ácidos orgánicos por cromatografía de partición. Grasas y Aceites, 10, 30 - 34 ( 1959 ).

7. Moreno Luque, Trabajo del Instituto de Biología Animal, 8, 317 (1945).

8. Vitagliano M., Pantaleo V.N. Padula M., Contributo alla soluzione del problema dell'inquinamento prodotto da acque di morchia. Atti Convegno. Naz. Conservazione della Natura, Bari, 1975 .

9. Carrieri C., Ultrafiltration of vegetation waters from olive oil extraction plants. Preliminary Experiences. Oli, Grassi, Derivati, 14, 29 - 31 (1978).

10. Balice V., Boari G., Cera O., Abbaticchio P., Indagine analitica sulle acque di vegetazione. Inquinamento, 24, (7/8) 48 - 53 (1982).

11. Di Giovacchino L., Mascolo A., Seghetti L., Sulle caratteristiche delle acque di vegetazione delle olive. nota II. Riv. It. Sost. Grasse, 65, 481 - 488 (1988).

12. Fiestas Ros de Ursinos J.A. Depuración de aguas residuales en las industrias de aceitunas y aceites de oliva. Grasas y Aceites, 28, 113-121 (1977).

13. Marisot A., Utilisation des margines par espendage. L'olivier, 19, 1, 8 - 13 (1979).

14. Janer del Valle Dra. L., Contaminación de las aguas por el alpechín y posibles soluciones al problema. *Grasas y Aceites*, 31, 273 - 279 (1980).

15. Perrone S., Depurazione e smaltimento delle acque di vegetazione delle olive. *Industrie Alimentari*, 22, 353 - 356 (1983).

16. Proietti Dr., Cartechini, A., Tombesi A., Influenza delle acque reflue di frantoi oleari su olivi in vaso e in campo. *Atti Tav. Rotonda «Acque reflue dei frantoi oleari»*, Spoleto 1988, p. 187.

17. Potenz D., Righetti E., Bellettieri A., Girardi F., Antonacci P., Caliano L.A., Pergolese G., Evoluzione della fitotossicità in un terreno trattato con acque reflue di frantoi oleari. *Inquinamento*, 27 (84) 49 - 54 (1985); 27 (5) 49 - 55 (1985).

18. Della Monica M., Potenz D., Righetti E., Volpicella M., Effetto inquinante delle acque reflue della lavorazione delle olive su terreno agrario. *Inquinamento*, 20 (10) 81 - 87 (1978); 21 (1) 27 - 30 (1979).

19. Potenz D., Righetti E., Volpicella M., Effetto inquinante delle acque reflue della lavorazione delle olive su terreno agrario - nota n. 3. *Inquinamento*, 22 (2) 65 - 68 (1980).

20. Catalano M., Gomes T., De Felice M., De Leonardis T., Smaltimento delle acque di vegetazione dei frantoi oleari. Quali alternative alla depurazione ? , *Inquinamento*, 27 (82) 87 - 90 (1985).

21. De Felice M., Catalano M., Smaltimento delle acque di vegetazione sui terreni agrari. *Atti Tav. Rotonda «Acque reflue dei frantoi oleari»*. Spoleto, 1988.

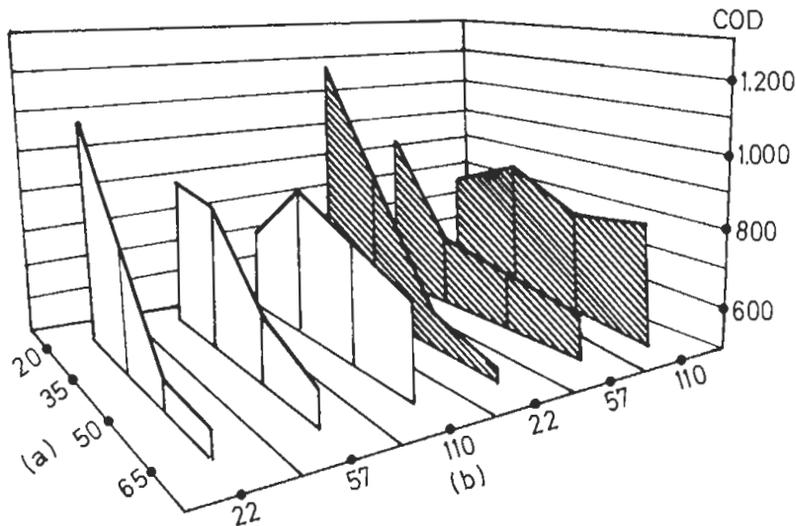


Fig. 1. COD en el terreno tratado con alpechines  y con estiércol   
(a) Profundidad en centímetros.  
(b) Días desde la distribución.

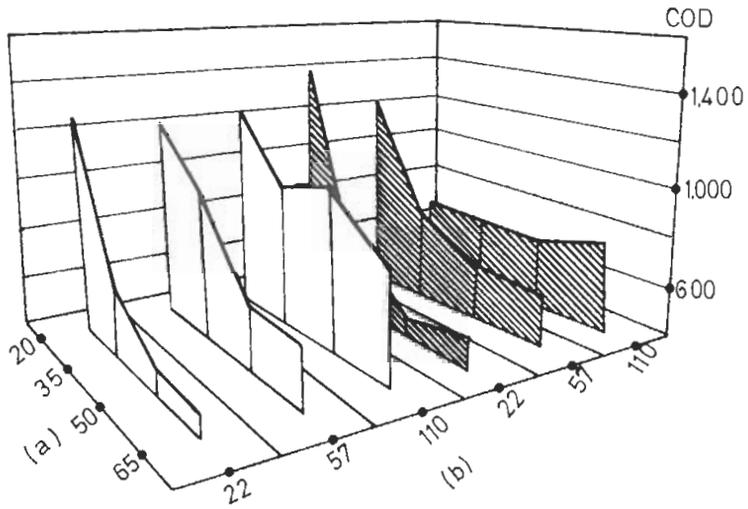


Fig. 2. COD en el terreno tratado con alpechines  y con estiercol   
 (a) Profundidad en centímetros.  
 (b) Días desde la distribución.

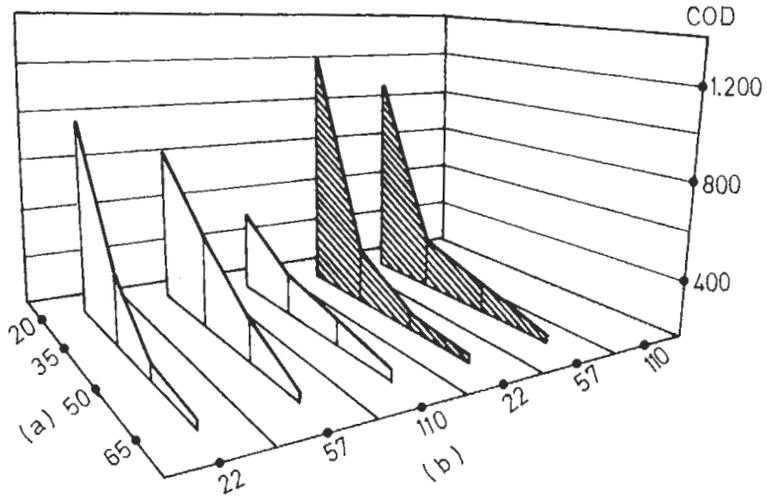


Fig. 3. COD en el terreno tratado con alpechines  y con estiercol   
 (a) Profundidad en centímetros.  
 (b) Días desde la distribución.

# **IV APROVECHAMIENTO DE LOS ORUJOS DE ACEITUNA COMO ALIMENTO DEL GANADO**

**A. NEFZAQUI (\*)**

(\*) Laboratorio de Nutrición del Ganado. INRA de Túnez. Ariana (Túnez).



# APROVECHAMIENTO DE LOS ORUJOS DE ACEITUNA COMO ALIMENTO DEL GANADO

A. Nefzaoui

## INTRODUCCION

La industria oleícola, además de su producción principal que es el aceite (aceite de oliva virgen y aceite de orujo), deja dos residuos, uno líquido (los alpechines) y otro sólido (los orujos). Además, el olivo, a través de la poda (anual, bianual, de rejuvenecimiento, etc) engendra hojas, brindillas y madera grande.

Adoptando una media del 35% para el porcentaje de orujos brutos en relación con las aceitunas tratadas, puede estimarse la producción mundial de orujos brutos en unos 2,9 millones de toneladas. Teniendo en cuenta que, en promedio, 100 kg. de aceitunas tratadas producen 100 litros de alpechines, la producción mundial de alpechín sería de 8,4 millones de metros cúbicos. Por otra parte, y según las estimaciones de numerosos países, por año y por árbol se producen 25 kg. de hojas y brindillas (diámetro inferior a 4 cm.). Esto se traduce en una producción anual en el mundo de unos 15 millones de toneladas de hojas y brindillas frescas. Las figuras 1 y 2 definen los principales tipos de subproductos según la tecnología empleada para la extracción del aceite.

Los subproductos del olivo son numerosos y de utilización muy variada. En esta ponencia trataremos de los principales aspectos relativos al aprovechamiento de los subproductos del olivo, insistiendo especialmente en el aprovechamiento de la madera de poda, de los orujos y de los alpechines. En cada caso, se prestará especial atención a su utilización en la alimentación del ganado.

## DEFINICIONES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ORUJOS

Los dos procedimientos de extracción del aceite más utilizados en la actualidad son la extracción por el sistema «prensa» y por el sistema «continuo». Estas dos técnicas producen unos residuos de naturaleza diferente.

Tras la reunión técnica de Madrid de 1983, se han adoptado las siguientes definiciones para designar los diferentes tipos de orujos.

*El orujo bruto:* Es el residuo obtenido después de la primera extracción del aceite por presión de la aceituna entera; sus contenidos relativamente elevados en agua (24%) y en aceite (de 5 a 8%) favorecen su rápida alteración cuando se deja al aire libre.

*El orujo agotado:* Es el residuo obtenido después del desaceitado del orujo bruto con solvente, generalmente hexano.

*El orujo parcialmente deshuesado u orujo tamizado:* Resulta de la separación parcial de los restos de hueso en la pulpa por tamizado o ventilación. Se llama grado si su aceite no se extrae con solvente o agotado si el aceite se extrae con solvente.

*La pulpa de aceituna:* Es la pasta obtenida cuando el hueso se ha separado de la pulpa antes de la extracción del aceite. Esta pasta es rica en agua (60% aproximadamente) y de difícil conservación.

## APROVECHAMIENTO DE LOS ORUJOS EN LA ALIMENTACION DEL GANADO

### Características químicas

La composición química de los orujos de aceituna varía dentro de límites muy amplios, según el estado de madurez, el procedimiento de extracción del aceite, el agotamiento con solventes. Los contenidos en materias grasas y en celulosa bruta presentan las variaciones más importantes (Nefzaoui, 1984, 1985). Estas variaciones repercuten directamente en el valor nutritivo del producto (Figura 1).

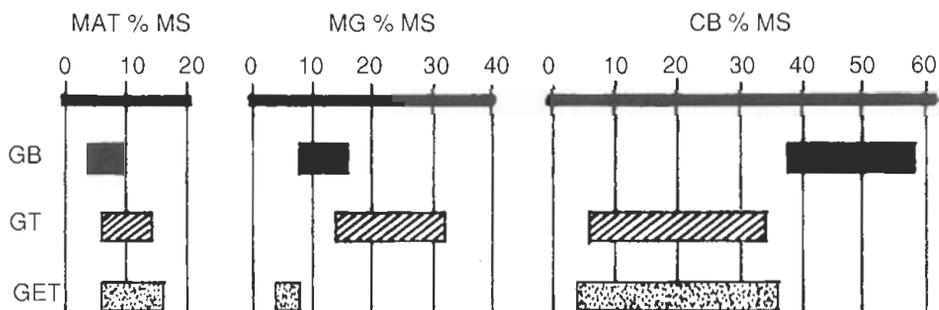


Fig. 1. Contenidos en materias nitrogenadas totales (MAT), materias grasas (MG) y celulosa bruta (CB) en % de materia seca (MS) de diferentes tipos de orujos de origen español, italiano y tunecino (Nefzaoui, 1985). GB: Orujo bruto; GT: Orujo tamizado no agotado; GET: Orujo agotado tamizado.

Los procedimientos tecnológicos modifican las proporciones relativas de los diversos componentes de los orujos (epicarpio, mesocarpio, endocarpio y almendra) que tienen diferente composición química.

La composición centesimal de los diferentes tipos de orujo aparece en el Cuadro I.

Cuadro I  
Composición química de los diferentes tipos de orujo en % de la materia seca  
(Nefzaoui, 1984, 1985)

Tipos de orujos	bruto	Agotado no tamizado	Tamizado graso	Agotado tamizado
Materia seca	81,4 (69,8-90,3)	89,0 (86,0-95,0)	92,8 (89,0-94,0)	89,5 (88,2-90,5)
Cenizas totales	8,0 (3,1-14,7)	7,9 (5,8-9,3)	11,0 (10,3-25,3)	12,0 (11,0-22,3)
Materias nitrog. totales	6,6 (5,0-10,3)	13,6 (12,4-16,2)	7,3 (6,8-9,0)	10,3 (9,6-11,3)
Materia grasa	8,9 (5,3-12,5)	3,2 (1,1-7,4)	12,0 (6,9-15,0)	4,0 (2,0-6,5)
Celulosa bruta	35,5 (32,0-47,5)	40,7 (32,6-53,3)	24,2 (12,0-33,5)	21,5 (14,5-26,3)
Extractivo no nitrog.	41,0 (26,7-45,5)	34,6 (25,0-44,5)	45,5 (34,5-50,0)	51,2 (33,1-51,9)
Neutral detergent fiber (NDF)		71,77		51,67
Acid detergent fiber (ADF)		59,64		40,94
Acid detergent lignin (ADL)		30,88		25,13
Hemicelulose (NDF-ADF)		12,13		10,73
Cellulose (ADF-ADL)		28,76		15,81

### *Cenizas*

El contenido en cenizas es pequeño normalmente (3 a 5%). Los contenidos elevados que se encuentran se deben a la falta de lavado y a la presencia de aceitunas recogidas en tierra.

### *Materias nitrogenadas*

Los contenidos en materias nitrogenadas varían menos y son, en promedio, del orden del 10%, si bien la mayor parte está ligada a la fracción parietal y, por consiguiente, menos disponible para el animal. La composición en ácidos aminados de los orujos es semejante a la de la cebada, con excepción de un gran déficit en ácido glutámico, prolina y, sobre todo, lisina (Cuadro II).

Cuadro II  
**Contenidos en ácidos aminados de los orujos agotados tamizados (GET)  
 comparados con los de la cebada, en % de MAT (Nefzaoui, 1985)**

<b>Acido aminados</b>	<b>GET (1)</b>	<b>Cebada (2)</b>	<b>(1-2)</b>
Acido glutámico	11,72	24,80	-13,08
Acido aspártico	9,19	5,70	+3,49
Leucina	7,43	6,90	+0,53
Sérina	5,16	4,20	-0,94
Alanina	5,10	3,80	+1,30
Valina	5,06	4,80	+0,26
Glicina	4,89	3,80	+1,09
Fenilalanina	4,64	5,40	-0,76
Arginina	4,62	4,90	-0,28
Treonina	4,43	3,40	+1,03
Prolina	4,14	12,80	-8,66
Isoleucina	4,10	3,50	+0,60
Tirosina	3,43	3,13	+0,30
Metionina	1,53	1,40	+0,13
Cistina	1,52	2,40	-0,88
Histidina	0,88	2,10	-1,22
Tritofano	0,87	1,10	-0,23
Lisina	0,36	3,60	-3,24

*Materias grasas:*

El contenido en materias grasas es relativamente elevado y varía principalmente según el procedimiento tecnológico empleado. El agotamiento, operación económicamente indispensable, permite tener un producto cuyo contenido oscila entre el 3 y el 4% de la materia seca.

Estas materias grasas están compuestas, principalmente, de ácidos oleico (84%), esteárico, palmítico, mirístico y linoleico (Cuadro III).

Cuadro III  
**Proporción de los diferentes ácidos grasos en los orujos de aceituna  
 en % (Nefzaoui, 1985)**

<b>Acidos grasos</b>	<b>%</b>
Oleico	65,11
Linoleico	12,74
Palmítico	10,46
Linolénico	0,26
Laurico	0,14
Mirístico	0,10
Caproico	0,08
Caprílico	0,05
Otros	2,06

### *Sustancias fenólicas:*

La aceituna contiene elevadas cantidades de polifenoles (0,3 a 5% de la MS). Se trata, sobre todo, de ortofenoles. La oleuropeína, glucósido amargo, es el compuesto fenólico más abundante y el más característico de las oleaginosas (Vázquez Roncero et al, 1970, 1973, 1974). Su estructura corresponde a un glucósido del ácido elenólico. Otras sustancias fenólicas también están presentes, como derivados del ácido cinámico y diversos glucósidos flavonoides.

Durante mucho tiempo se ha creído que el limitado valor nutritivo de los orujos se debería a la presencia de sustancias fenólicas (Theriez et Boule, 1970). Nuestras dosificaciones (Nefzaoui, 1983, 1985) han demostrado que estos contenidos apenas sobrepasan el 1% de la MS. Los polifenoles de la aceituna son eliminados, a nuestro juicio, en los alpechines y el aceite durante la trituración. Esto se prueba por el hecho de que los orujos contienen pocos productos de naturaleza fenólica, mientras que los alpechines y el aceite contienen cantidades apreciables (Cantarelli y Montedero, 1974).

### *Fibras:*

Los contenidos en celulosa bruta son elevados (de 32 a 47%) y el tamizado los reduce a unos valores del 14 al 26%. Un análisis más detenido de la fracción fibrosa, nos permite comprobar (Nefzaoui y Abdouli, 1981; Nefzaoui et al, 1982, Nefzaoui, 1983, Nefzaoui, 1985, Nefzaoui y Vanbelle, 1986; Nefzaoui, 1987) que los orujos tienen contenidos elevados en constituyentes parietales y sobre todo en lignina (fracción no digestible). El tamizado reduce el contenido de todas las fracciones «fibrosas» y en especial la lignina y la celulosa.

La fracción parietal de los orujos se caracteriza por un fuerte contenido en lignina (ácido detergente lignino) que se eleva hasta el 30% del total de las fibras (Cuadro IV y Figura 2). Esta lignina bruta contiene gran parte de nitrógeno. El origen de este nitrógeno en la fracción leñosa se debe ciertamente a las reacciones de Maillard producidas durante el proceso tecnológico (calentamiento del producto).

Cuadro IV

**Contenidos de los orujos de aceituna en constituyentes parietales, en % de materia seca (Nefzaoui, 1985)**

	GE (Túnez)	GET (Túnez)	GET (España)
Neutral detergent fiber (NDF)	71,77	51,67	62,80
Acid detergent fiber (ADF)	59,64	40,94	53,79
Acid detergent lignin (ADL)	30,88	25,13	30,42
Hemicelulose (NDF-ADF)	12,13	10,73	9,01
Cellulose (ADF-ADL)	28,76	15,81	23,37
Azote lié à l'ADF	1,96	1,28	1,64
Lignine corrigée*	18,60	17,16	20,19

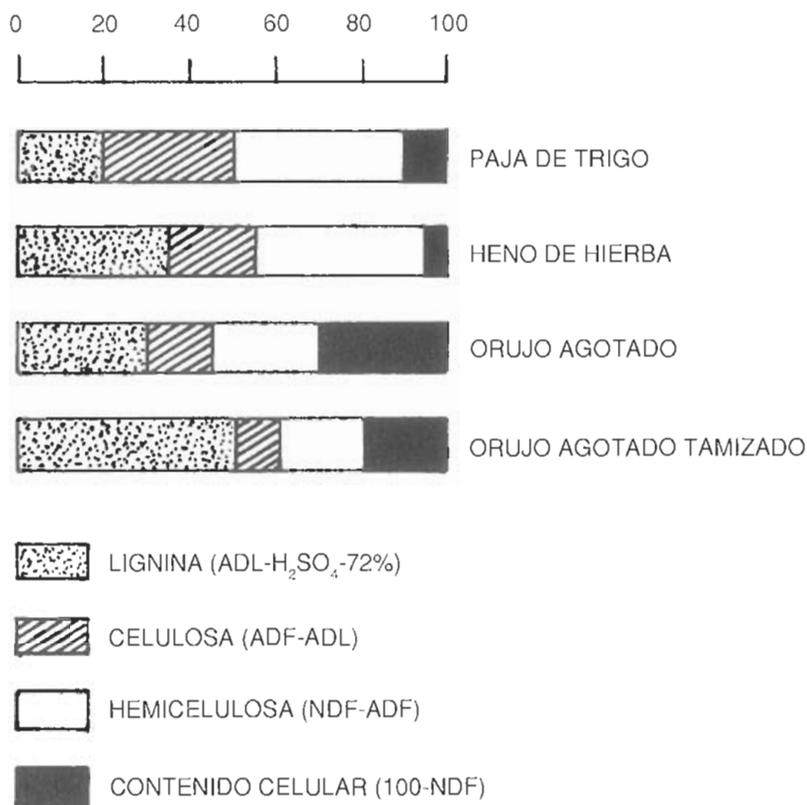


Fig. 2. Contenidos en constituyentes parietales de los orujos en comparación con la paja y el heno. (Nefzaoui, 1985-1987).

## Valor alimentario de los orujos

### *Digestibilidad y degradabilidad de los orujos*

Los estudios de digestibilidad «in vivo» que hemos realizado han incluido diversos tipos de orujos incorporados en raciones con unos niveles que varían entre el 20 y el 90% (Cuadro V). En general, y sea cual sea el tipo de orujo:

- La digestibilidad de la MO es escasa, del 20 al 40%.
- Las materias grasas tienen siempre una elevada digestibilidad (60 a 80%).
- La celulosa bruta tiene una digestibilidad escasa que no sobrepasa el 40%.

En promedio, los coeficientes de digestibilidad aparente (CUDA) de la MO, MAT y CB del orujo bruto son, respectivamente, de 26 a 31%, 6 a 10% y 0 a 30%. Para los orujos agotados tamizados, son de 32 a 40%, 29 a 38% y 21 a 47%.

Cuadro V

Digestibilidad aparentes de la MO, de las MAT y de la CB de diferentes tipos de orujos medidas en ovinos (Nefzaoui y Ben Dhia, 1978; Nefzaoui y Abdouli, 1981; Nefzaoui et al, 1982; Nefzaoui et al, 1983; Nefzaoui y Vanbelle, 1983; Nefzaoui, 1983; Nefzaoui y Vanbelle, 1984; Nefzaoui et al, 1985; Nefzaoui y Vanbelle, 1986).

Tipo	Condiciones de medida	Digestibilidades aparentes		
		MO	MAT	CB
Bruto	Diferencia	26,2	10,0	—
Bruto	Diferencia	30,8	6,6	28,4
Bruto	Diferencia	31,0	9,0	29,6
GET	Regresión (0 a 40% de la ración)	43,8	29,1	21,1
GET tratado 4% sosa	Diferencia (0 a 40% de la ración)	57,1	42,5	50,6
GET tratado 4% sosa	Diferencia sólo con 10% melaza y aglomerado	35,5	45,9	33,3
GET	Distribuido sólo con 10% de melaza	50,0	32,2	47,3
GET	Distribuido sólo con 10% melaza y aglom.	32,2	38,0	22,5
GET tratado 2,5% NH <sub>3</sub>	Distribuido sólo con 10% melaza	43,1	54,7	49,2

Altamente lignocelulósicos, los orujos tienen una degradabilidad en la panza muy lenta. Los valores máximos alcanzados (degradabilidad potencial) son sólo del 32% después de 72 horas en la panza (Nefzaoui y Vanbelle, 1983; Nefzaoui, 1985; Nefzaoui et al, 1985).

La degradabilidad de las materias nitrogenadas es también muy pequeña y explicable por el hecho de que del 70 al 80% del nitrógeno está ligado a la fracción lignocelulósica que provoca una baja solubilidad del nitrógeno. En general, el nitrógeno ligado a la fracción parietal es innaccesible a los enzimas del tracto digestivo.

#### *Ingestión de orujos:*

Los datos disponibles se refieren sobre todo, a los orujos agotados tamizados. Parece que este tipo de producto se ingiere en gran cantidad (Cuadro VI), sobre todo si antes se ha melazado. Normalmente los ovinos dan unas ingestiones que varían de 85 a 128 g. de MS por kg. de peso metabólico. Esta ingestión, especialmente elevada en comparación con los otros alimentos groseros, parece estar bajo el control de factores metabólicos (Nefzaoui, 1985).

Sin embargo, la concentración energética de los orujos es baja y una mayor ingestión, en comparación con la de otros forrajes, no es satisfactoria para las necesidades del animal.

Estas elevadas ingestiones y el pequeño tamaño de las partículas (0,5 a 4 mm.) hacen que el tránsito sea especialmente rápido (19 a 20 horas) (Nefzaoui, 1985; Nefzaoui y Vanbelle, 1986) y que de hecho el alimento no disponga de tiempo suficiente para alcanzar su degradabilidad potencial.

Hemos mencionado ya que este tipo de producto necesita un tiempo suficientemente largo para alcanzar su degradabilidad potencial y que el tiempo de latencia necesario para el comienzo es relativamente largo en el caso de los orujos.

Por otra parte, la presencia de materia grasa (orujo no agotado) no parece influir en la ingestión voluntaria.

Cuadro 6

**Ingestión voluntaria de raciones a base de orujo de aceituna (Nefzaoui y Ben Dhia, 1978; Nefzaoui y Abdouli, 1981; Nefzaoui y Ksaier, 1981; Nefzaoui et al, 1982; Nefzaoui, 1983; Nefzaoui et al, 1983; Nefzaoui, 1985; Nefzaoui y Vanbelle, 1986).**

Composición de la ración	Condiciones de medida	Ingestión ración	
		Kg/D	g. MS/d/P <sup>0,75</sup>
Orujo tamizado no agotado cebada 50, guisante 20, melaza urea 10, orujo 20	barbarina, 35 kg. 5 semanas, 15 sujetos	1,36	95
cebada 40, guisante 20, melaza urea 10, orujo 30	barbarina, 35 kg. 5 semanas, 15 sujetos	1,39	98
Orujo agotado tamizado salvado 35, melaza-urea 30, orujo 35	barbarina gestante 56 kg., 20 semanas, 20 sujetos	2,15	105
Melaza-urea 30, orujo 70	barbarina gestante 48 kg., 20 semanas, 20 sujetos	1,55	85
Cebada 49, melaza-urea 11 orujo 40	barbarina, 43 kg. 10 semanas, 10 sujetos	1,85	109
Cebada 22, haba menor 15, soja 10, melaza 10, orujo 40	barbarina, 25 kg. 12 semanas, 20 sujetos	1,43	129
Paja 9, melaza-urea 8 orujo 83	texel, 28 kg. en jaula 8 semanas, 6 sujetos	1,41	115
Paja 9, melaza-urea 8 Orujo 83	texel, 33 kg. en jaula 12 semanas, 6 sujetos	1,36	99

### *Comportamiento alimentario y merístico de animales alimentados con raciones a base de orujos*

Las actividades de ingestión y, sobre todo, de rumia son necesarias para una buena digestión y con frecuencia constituye (la rumia), un buen parámetro para juzgar sobre la salud del animal.

La ingestión de los orujos agotados tamizados (GET) se traduce en un comportamiento alimentario muy semejante al obtenido con heno picado. Este resultado es muy importante, ya que a pesar del pequeño tamaño de las partículas alimentarias del orujo asegura una rumia normal.

El interés es evidente ya que ello nos permite concebir la sustitución lógica entre los alimentos groseros (heno, paja) por orujos sin estar obligados a corregir la ración con el aporte de otros alimentos fibrosos. Los orujos pueden constituir también una buena ración de base para los concentrados. Los otros alimentos groseros, si no se dispone de ellos, pueden excluirse por completo del régimen del rumiante en este caso.

Este positivo aspecto está asegurado por los elevados contenidos del orujo en constituyentes parietales que desempeñan un papel de compensación de la estructura física prácticamente ausente por una riqueza anormalmente elevada de lignocelulosa y en particular de lignina.

A través de estos ensayos (Figura 7) hemos comprobado también que la presentación de los orujos en aglomerados o «pellets» reduce sensiblemente la duración de la ingestión y de la rumia; y probablemente por tanto la digestibilidad del producto. Este fenómeno se explica por el hecho de que la aglomeración es una operación que incluye, entre otras, un triturado del alimento, y por ello una reducción del tamaño de las partículas. Esto se traduce por un tránsito más rápido y el alimento no dispone ya del tiempo necesario para ser digerido por completo. Esta situación se agrava aún más en el caso de los orujos, ya que el tránsito es todavía más acelerado por las ingestiones especialmente elevadas.

### *Valor forrajero de los orujos*

El valor energético de los orujos es reducido. Varía de 0,32 a 0,49 unidades forrajeras «leche» (UFL) y de 0,21 a 0,35 unidades forrajeras «carne» (UFV), según la proporción de orujo en las dietas y la calidad de la ración complementaria. El contenido en materias nitrogenadas digeribles (MAD) es también muy pequeño; como promedio de 15 a 25 g. por kg. de materia seca de producto.

En el Cuadro 8 resumimos los resultados de una quincena de pruebas que hemos realizado con objeto de determinar el valor nutritivo de los orujos, pruebas efectuadas sobre ovinos en Túnez (raza negra de Thibar) y en Bélgica (raza Texel). Estas características denotan la semejanza «nutricional» entre los orujos de aceituna y las pajas de cereales.

Cuadro 7

Comparación del tratamiento con soda de tipo industrial y de ensilado de orujo agotado tamizado en presencia de amoníaco (Nefzaoui, 1985; Nefzaoui y Vanbelle, 1986; Nefzaoui, 1987).

Raciones <sup>4</sup>	R1	R2	R3	R4
Ingestión	115	117	99	98
Consumo de agua (1)	204	458	194	218
Digestibilidades				
MO	32,2	35,5	39,6	43,1
MAT	38,0	45,9	29,0	54,7
Hemicelulosa	49,4	61,8	60,0	62,5
Celulosa	26,0	28,8	43,2	49,5
Retención nitrogenada (2)	11,9	14,0	16,4	22,0
DUI (3)	1,19	1,78	3,28	2,73
DUR (3)	3,67	3,15	6,22	5,21

(1) Ingestión en g. por kg. P<sup>0,75</sup>; consumo de agua en ml. por kg. P<sup>0,75</sup> y por día.

(2) La retención nitrogenada se expresa en % del nitrógeno ingerido.

(3) DUI: Duración unitaria de ingestión en minutos por g. de MS ingerida/día/kg P<sup>0,75</sup>

DUR: Duración unitaria de rumia en minutos por g. de MS ingerida/día/kg P<sup>0,75</sup>

(4) Raciones

R1: Orujo agotado tamizado aglomerado.

R2: Orujo agotado tamizado + 4% sosa aglomerada.

R3: Orujo agotado tamizado tal cual.

R4: Orujo agotado tamizado ensilado en presencia de 2.5% de amoníaco gaseoso.

### Mejora del valor alimentario de los orujos

El *tamizado*: Medio indispensable y eficaz para mejorar el valor alimentario del orujo.

La separación de los restos de cáscara de la pulpa, llamada habitualmente «tamizado» ha pasado a ser una operación indispensable para una mejor utilización de los orujos.

Globalmente, por el procedimiento de extracción por superprensa, 100 kg. de aceitunas dan 33 kg. de orujo bruto (humedad: 25%) que, una vez agotados, dejan de 25 a 26 kg. de orujo agotado (humedad: 15%). Este último, una vez tamizado y según el procedimiento empleado da de 13 a 14 kg. de restos de cáscara y de 12 a 13 kg. de orujo agotado tamizado (humedad: 5 a 8%).

Esta operación de tamizado se efectúa, en la mayoría de los países, después de extraer el aceite de orujo. Sin embargo, están en vías de realización numerosas puestas a punto e investigaciones para que la operación de tamizado tenga lugar antes de extraer el aceite de orujo.

Reduciendo la parte de los restos de cáscara, el tamizado proporciona un producto menos denso y, sobre todo, menos rico en constituyentes parietales.

Cuadro VIII

**Estimación del valor energético de los orujos agotados tamizados (Nefzoui y Abdouli, 1981; Nefzaoui y Ksaier, 1981; Nefzaoui et al, 1982; Nefzaoui, 1983; Nefzaoui et al, 1983; Nefzaoui, 1985; Nefzaoui y Vanbelle, 1986)**

Orujo agotado tamizado	CUDa MO	UFL	UFV	Composición de la dieta
Sin tratar (35%)	30	0,33	0,21	300 g. de paja/d + a voluntad una mezcla compuesta de 35% de orujo, 35% de salvado, 26% melaza, 2% urea y 2% CMV
Sin tratar (70%)	27	0,32	0,20	300 g. paja/d + a voluntad una mezcla compuesta de 70% de orujo, 26% melaza, 2% urea y 2% CMV.
Sin tratar (40%)	44	0,49	0,37	500 g. heno/d + a voluntad una mezcla compuesta de 40% de orujo, 49% cebada, 8% melaza y 3% CMV
Tratado 4% sosa	57	0,69	0,58	Idem (40% orujo tratado con 4% sosa)
Tratado 4% sosa (40% + urea)	53	0,63	0,52	Idem + 1,6% urea
Sin tratar aglomerado (85%) <sup>xx</sup>	32	0,38	0,25	Mezcla compuesta de 85% orujo, 13,8% melaza y 1,2% urea distribuido a voluntad después de la aglomeración.
Tratado 4% sosa aglomerado (85%) <sup>xx</sup>	36	0,43	0,30	Idem 85% orujo tratado 4% de sosa
Sin tratar (85%) <sup>xx</sup>	40	0,48	0,36	Mezcla compuesta de 85% de orujo 15% melaza distribuido a voluntad
Tratado 2,5% $NH_3$ (ensilado 85%)	43	0,54	0,45	Mezcla compuesta de 85% orujo y 15% melaza ensilada en presencia de 2,5% amoníaco luego distribuida a voluntad tal cual

<sup>x</sup> La energía bruta (y) se ha calculado según la ecuación de Demarquilly y Andrieu, con  $8 = + 82$  (Alimentación des ruminants, ed. INRA. Francia).

<sup>xx</sup> Valores relativos al conjunto de la mezcla.

Existen en el comercio diversos tipos de separadores: separador de cribado rotativo, separador neumático de doble cono vertical, separador de criba plana, separador neumático de saltos en cascadas, separador neumático de cribas.

De todos los otros tratamientos ensayados, únicamente el tratamiento con amoníaco aplicado de manera similar al efectuado con las pajas, da unos resultados alentadores (Cuadros VII y VIII).

### Algunas utilizaciones prácticas de los orujos

En sus diferentes formas, los orujos de aceituna se utilizan tradicionalmente para alimentar los ovinos y los camélidos, sobre todo en periodos de «falta de forraje».

### *Los orujos brutos*

Los orujos brutos pueden utilizarse, mezclados con salvado o incluso con cactus, para alimentar dromedarios y ovinos en periodos difíciles. Este tipo de orujo sólo se aconseja para los periodos de salvaguarda y el nivel de incorporación no es limitativo y dependerá de la disponibilidad de otros alimentos.

Puede sugerirse una ración tipo compuesta de 1/3 de orujo, 1/3 de salvado y 1/3 de cactus. Si uno de estos ingredientes falta las proporciones pueden ser de un 50% de orujo y un 50% de salvado o de cactus.

Los orujos son agotados en su mayoría (80% al menos), operación económicamente aconsejada por otra parte, lo que hace que este tipo de orujo estará limitado a los lugares a los que no tienen acceso los sulfuradores.

### *En ovinos*

En una prueba de engorde de corderos de raza barbarina se ha demostrado (Nefzoui y Ben Dhia, 1978) que el empleo de orujos brutos puede aconsejarse hasta un total del 30% y que a este nivel no presenta ningún inconveniente (Cuadro IX).

A la vista de estos datos, comprobamos que pueden incorporarse los orujos brutos hasta un 40% en concentrados destinados al engorde de corderos.

### *En bovinos*

Vacas locales han podido ganar peso —unos 400 gramos por día— con una ración compuesta de 3 kg. de orujos brutos, 2 kg. de melaza y 5 kg. de paja picada (Ben Dhia et al, 1981). Estos datos indican que los orujos asociados a otros subproductos pueden salvaguardar la cabaña durante los periodos difíciles e incluso hacerles ganar peso.

Cuadro IX

#### **Engorde de corderos con concentrados a base de orujos brutos (Nefzaoui y Ben Dhia, 1978; Nefzaoui y Ksaier, 1981; Nefzaoui et al, 1982).**

Raciones	Testigo1	10% GB	20% GB	30% GB	40% GB
Composición de las raciones					
Trigo partido	75	50	25	10	13
Leguminosas partidas	10	25	40	36	30
Orujo	00	10	20	30	40
Algarrobas	10	10	10	10	10
Urea	02	02	02	02	02
CMV	02	02	02	02	02
Sal	01	01	01	01	01
Resultados obtenidos:					
Número de animales	50	50	50	50	50
Mortalidad (efectiva)	01	01	02	00	01
Peso medio inicial,kg.	22,68	24,66	24,88	25,00	24,63
Ganancia media diaria,g	125	119	113	104	101
Eficacia alimentaria	6,8	7,4	7,6	7,6	7,8

\* Los orujos utilizados contienen 11% MAT, 26% MG, 20% CB y 13% de cenizas.

\*\* Cada lote recibía, además del concentrado, 500 g. de heno por cabeza y por día. La cantidad de concentrado distribuida está en función del peso vivo: 500 g. hasta 25 kg., 750 g. de 25 a 30 kg., 1.000 g. de 30 a 35 kg., 1.250 g. de 35 a 40 kg.

\*\*\* La prueba duró 100 días.

### *Los orujos agotados*

Los orujos agotados no tamizados tienen el valor alimentario más reducido y su tamizado constituye un paso previo para su utilización en la alimentación del ganado (Nefzaoui, 1985, 1987).

Los orujos agotados tamizados son de fácil conservación y tienen el mejor valor alimentario. Su utilización puede preverse en años normales o para constituir reservas alimentarias para los periodos de enlace o de escasez (Nefzaoui, 1987).

### *En ovinos*

Su utilización sin ningún tratamiento puede asegurar unos resultados normales (Cuadros 10 y 11), con unos niveles de incorporación de 30 a 40% y una complementación adecuada en proteínas y minerales.

Cuadro X

#### **Engorde de corderos con concentrados con cantidades crecientes de orujo agotado tamizado (GET) (Ben Dhia et al, 1981)**

<b>Raciones</b>	<b>Testigo</b>	<b>15% GET</b>	<b>30% GET</b>	<b>45% GET</b>
<b>Composición de las raciones</b>				
Orujo	00	15	30	45
Maíz	50	35	20	05
Salvado de trigo	18	18	18	18
Desechos de trigo	15	15	15	15
Torta de soja	05	05	05	05
Urea	01	01	01	01
CMV	03	03	03	03
Melaza	08	08	08	08
<b>Resultados:</b>				
Número de animales	30	30	30	30
Peso medio inicial, kg.	24,86	24,76	24,79	24,90
Peso medio final, kg.	36,40	37,23	35,79	32,68
Ganancia media diaria, g.	150	162	143	101

\* El orujo utilizado dosifica un 10,7% de MAT, 23,2% de CB, 8,1 de MG y 25,4% de cenizas.

Comprobamos que:

- Únicamente el lote que recibe el 45% de orujo tiene un crecimiento significativamente más reducido.
- Hasta un porcentaje de sustitución del 30% el orujo agotado tamizado puede sustituirse en concentrados con cebada o maíz.
- A partir del 30% y hasta el 45%, a pesar de un crecimiento relativamente menor, este tipo de orujo puede utilizarse sin ningún riesgo para el animal, sobre todo en una óptica de crecimiento moderado, de entretenimiento o de salvaguarda.

Se han obtenido resultados bastante comparables con concentrado que contiene un 40% de orujo agotado tamizado (Cuadro XI).

Los orujos se han utilizado en raciones de escasez (Cuadro XII) y se han incorporado a razón del 35 y del 70% en raciones distribuidos a ovejas de la raza barbarina gestantes y luego lactantes, durante 4 meses.

Cuadro XI  
**Engorde de carneros de la raza barbarina con orujos agotados tamizados tratados o no con sosa**

	Testigo	40% GET sin tratar	40% GET tratado 4% sosa	40% GET tratado 4% de sosa + urea
Composición de las raciones:				
orujo sin tratar	00	40	00	00
orujo tratado	00	00	40	40
cebada	89	49	49	47
melaza	8	8	8	8
urea	00	00	00	1,6
CMV	3	3	3	3
Resultados:				
peso inicial, kg.	41,94	37,49	37,64	36,78
peso final, kg.	54,18	49,31	52,09	51,04
GMQ g/d	175	169	206	203
ingestión g MS/P <sup>0,15</sup> /d	89	109	108	110
índice de consumo kg. MS/ kg de ganancia	9,29	10,94	9,04	9,24

\* Cada lote está compuesto de 10 carneros machos de 15 a 16 meses.

\*\* Los animales reciben 200g. de heno de arveja avena por día y de concentrado a voluntad.

\*\*\* La prueba duró 90 días.

### *En bovinos*

En un ensayo realizado con becerros cruzados, importados, de un peso medio de 327 kg. se ha podido demostrar (Ben Dhia et al. 1981) que el orujo agotado tamizado es un alimento que puede salvaguardar la cabaña bovina. Se han probado cuatro regímenes que contenían 0, 20, 40 y 60 de orujo (Cuadro XIII).

Estos resultados prueban que es posible asegurar las necesidades de mantenimiento de los bovinos con una ración que contenga 60% de orujo agotado tamizado, 23% de heno y 15% de melaza. Con raciones que contengan 40% de este tipo de orujo pueden asegurarse unos crecimientos moderados.

Cuadro XII

**Mantenimiento de ovejas gestantes de la lucha por parir en Túnez Central (Ousseltia) con raciones a base de orujo tamizado agotado (Nefzaoui y Ksaier, 1981)**

	Testigo	35% orujo	70% orujo
Composición de las raciones:			
Orujo	00	35	70
Salvado	70	35	00
Melaza	26	26	26
Urea	02	02	02
CMV	02	02	02
Resultados:			
Número de animales	20	20	20
Peso inicial, kg.	52,35	52,15	52,45
Peso final, kg.	57,30	57,33	42,77
Peso corderos al nacer	3,5	3,3	2,6
Ingestiones g MS/d/p <sup>0,75</sup>	76	105	85

\* Las ovejas son de la raza barbariana y tienen como media 6 años.

\*\* Los animales reciben 300 g. por día de paja y los concentrados a voluntad.

Cuadro XIII

**Utilización de los orujos agotados tamizados por los bovinos de baja edad (Ben Dhia et al., 1981)**

Raciones	0% GET	20% GET	40% GET	60% GET
Composición de las raciones				
Heno arveja avena	83	63	43	23
Melaza-urea (regada)	15	15	15	15
Orujo	00	20	40	60
CMV	02	02	02	02
Resultados:				
Peso medio inicial, kg.	344	348	350	356
Peso medio final, kg.	389	370	366	360
Ganancia media diaria	536	393	190	39
Consumo, kg. MS/d	9,7	9,4	9,0	8,7

## UTILIZACIONES COMPETITIVAS

### Utilización de los orujos como combustible

Siempre ha representado y sigue representando en la mayoría de los países la utilización más corriente. En realidad, el orujo de aceituna es un combustible de

valor calorífico medio (2.960 kcal/kg.). Esta cantidad de calor la aporta principalmente la cáscara que representa el 60% del total y que tiene un poder calorífico relativamente elevado (4.000 kcal/kg.). La pulpa aporta pocas calorías (1.400 kcal/kg.). Además, la cáscara representa una fracción sin interés para el animal, lo que corrobora el interés del tamizado.

### **Posibles utilizaciones de la cáscara**

Tras la separación, la cáscara puede utilizarse como combustible o como materia prima para la fabricación de furfural. También puede utilizarse en la industria de la madera (fabricación de paneles de partículas).

Las informaciones dignas de interés son las relativas a la industria del furfural. Las pentosanas son hidratos de carbono complejos (hemicelulosas) que, por hidrólisis, producen pentosas y, por posterior deshidratación, producen el furfural. La cáscara separada de los orujos tiene un contenido en pentosanas del 26% que representa el 15% de furfural de la materia prima húmeda (Martínez, 1986). El tratamiento de la materia prima se hace en un digestor en el que la cáscara sufre la acción de un catalizador, principalmente de ácidos inorgánicos, aunque hay algunos procedimientos en los que la hidrólisis se hace sin catalizador, y a una presión variable de 7 a 10 kg/cm<sup>2</sup>. El furfural formado en los digestores es arrastrado por una corriente de vapor e introducido en una columna de rectificación. En la misma reacción se producen ácido acético y metanol.

El procedimiento de obtención del furfural puede ser continuo o discontinuo, aun cuando todavía no se ha logrado obtener un rendimiento adecuado que haga rentable la operación. Esto no impide que la producción de furfural a partir de la cáscara se realice en España e incluso en Túnez. La principal dificultad de este procedimiento sigue siendo el precio de la cáscara (coste de la separación, utilización competitiva como combustible, etc.).

### **CONCLUSIONES**

El aprovechamiento de los subproductos constituye una fuente potencial de ingresos complementarios que puede contribuir a mejorar la rentabilidad de las explotaciones oleícolas.

En la actualidad, los subproductos de la oleicultura se pierden total o parcialmente en muchos países, mientras que son numerosas sus posibilidades de empleo.

Constituyen una fuente de abastecimiento:

- De aceite suplementario (aceite de orujo) utilizable para el consumo humano o en la industria.
- De alimento del ganado (hojas y brindillas, orujos, concentrado de alpechín, proteínas unicelulares,...).
- De energía (combustión de la madera de poda, de las cáscaras de orujo, biometano de los alpechines).

- De paneles de partículas (cáscaras, aglomerados de madera...).
- De fertilizantes (alpechines, orujos).
- De productos químicos de numerosas aplicaciones industriales o agroalimentarias (furfural, conservantes naturales y proteínas unicelulares de los alpechines).

Además, el aprovechamiento de estos subproductos permite:

- Por un lado, resolver en gran parte los problemas planteados por los efluentes de la almazara con un alto poder contaminante.
- Por otra parte, contribuir a llenar el déficit forrajero y hacer frente a los periodos crónicos de «enlace» y de escasez que aparecen, sobre todo, en los países de Africa del Norte y del Oriente Próximo.

Por último, los trabajos de investigación iniciados hace ya dos décadas en los países de la cuenca mediterránea, nos permiten separar estos residuos, según el estado de las investigaciones y los imperativos de los diferentes países, en dos grupos:

- Aquellos cuya utilización está técnicamente establecida y la rentabilidad económica no ofrece ninguna duda: se trata del aprovechamiento de los orujos y de las hojas y brindillas en la alimentación del ganado.
- Aquellos que todavía están en estudio y en los que debe proseguirse un esfuerzo de investigación: se trata de la obtención de biogas, de concentrado de alpechines, de proteínas unicelulares y de furfural.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alibes, X. et Berge, Ph., 1983. Division de la Production et de la Santé Animale. FAO, Roma. 1983.

Alibes, X., Munoz, F., Faci, R., Pérez-Lanzac, J., González Carbajo, A. 1982. XX Reunión Científica de la SINA, Zaragoza, IOpp.

Ben Rouina, B., 1986. in : International Symposium on Olive Oil ByProducts Valorization (eds. FAO), Sevilla (Spain), March 1986. pp.483.

Boza, J. et Guerrero, J.E., 1981. In:International Symposium: Nutrition et Systemes d'Alimentation de la Chevre. (ITOVIC-INRA, FRANCE). Vol. II:635-642.

Cantarelli, C. et Montedero, G., 1974. In:Naturliche und Synthetische zusatzstoffe in der Nahrung der Menschen. C.I.I.A. Symposia. Darmstadt. pp.84.

Civantos, L., 1981. In:Séminaire International sur la Valorisation des Sous Produits de l'Olivier. PNUD/FAO. Monastir, Tunisie, Décembre 1981, pp. 81-84.

Civantos, L., 1983. In:Valorisation des Sous Produits de l'Olivier. Réunion du Comité Technique (eds FAO), Madrid (Espagne), Nov. 1983. pp.143-145.

Di Gregorio, P., 1981. In:Séminaire International sur la Valorisation des Sous Produits de l'Olivier. PNUD/FAO. Monastir, Tunisie, Décembre 1981. pp.34-37.

Fedeli, E. et Camurati, F., 1981. In:Séminaire International sur la Valorisation des Sous Produits de l'Olivier. PNUD/FAO. Monastir, Tunisie, Décembre 1981. pp.111-113.

Fiestas Ros de Ursinos, J.A., 1958. Bol. Oleicultura Intem., 46: 11-21.

Fiestas Ros de Ursinos, J.A., 1981. In:Séminaire International sur la Valorisation des Sous Produits de l'Olivier. PNUD/FAO. Monastir, Tunisie, Décembre 1981. pp.93-95.

Fiestas Ros de Ursinos, J.A., Navarro Gamero, R., León Caballero, R., Garcia Buendia, A.J. et Maestro Juan Saez de Jauregui, G.M., 1982. Grasa y Aceites, 33(5):265.

Fiestas Ros de Ursinos, J.A., 1986. In:International Symposium on Olive By-Products Valorization (eds. FAO Madrid). Sevilla (Spain), March 1986. pp. 11-15.

Friaa, A., Mensi, R. et Kallel, A., 1986. In:International Symposium on Olive By-Products Valorization (eds. FAO Madrid). Sevilla (Spain), March 1986. pp.263-273.

Gómez Cabrera, A., Parellada, J., Garrido, A. et Ocana, F., 1982. Avances en Alimentación y Mejora Animal. Vol.XXIII(II), 75-77.

Martilotti, F. et Danese, V., 1982. Ann. Ist. Sper. Zootec.

Martilotti, F., 1983. Division de la Production et de la Santé Animale, FAO, Rome, 1983.

Maymone, B., Sblendorio, A. et Ceci Ginestrelli, D., 1950. Ann. Ist. Sper. Zootec., 4:1-19.

Molina, E., Nefzaoui, A. et Vanbelle, M., 1986. In:International Symposium on Olive By-Products Valorization (eds. FAO Madrid), Sevilla (Spain), March 1986. pp.403-418.

Morisot, A., 1979. L'olivier, 19,1:8-13.

Nefzaoui, A. et Ben Dhia, M., 1978. In:Séminaire International sur l'Olivier et Autres Planates Oléagineuses Cultivées en Tunisie (eds. ONH-Tunisie), Mahdia (Tunisie), 3-7 Juillet 1978. pp.333-346.

Nefzaoui, A., 1978. In:Séminaire International sur l'Olivier et Autres Plantes Oléagineuses Cultivées en Tunisie (eds. ONH-Tunisie), Mahdia (Tunisie), 3-7 Juillet 1978. pp.347-362.

Nefzaoui, A. et Ksaier, H., 1981. In:Séminaire International sur la Valorisation des Sous Produits de l'Olivier. FAO/PNUD, Monastir, Tunisie, Décembre 1981. pp.65-66.

Nefzaoui, A., Abdouli, H. et Ksaier, H., 1981. In:Séminaire International sur la Valorisation des Sous Produits de l'Olivier. FAO/PNUD, Monastir, Tunisie, 1981. pp.67-72.

Nefzaoui, A., Marchand, S. et Vanbelle, M., 1982. In:Tropical Animal Production for the Benefit of Man. International Colloquium, Antwerp, Belgium, December 1982. pp.309-314.

Nefzaoui, A., Hellings, Ph. et Vanbelle, M., 1983. In:34th Annual Meeting of the EAAP Study Commission. Madrid, October 1983. pp.118.

Nefzaoui, A., 1983. Division de la Production et de la Santé Animale. FAO, Roma, 1983.

Nefzaoui, A. et Vanbelle, M., 1983. In:Réunion du Comité Technique Valorisation des Sous Produits de l'Olivier. FAO, Madrid, Novembre 1983. pp.37-47.

Nefzaoui, A. et Vanbelle, M., 1984. Publication du Laboratoire de Biochimie de la Nutrition (UCL). pp.80.

Nefzaoui, A., 1985. These de Doctorat. Université Catholique de Louvain (Belgique).

Nefzaoui, A., Molina, E., Outmani, A. et Vanbelle, M., 1985. Archivos de Zootecnia, vol.33, num.127:219-236.

Nefzaoui, A., Wattiaux, M. et Vanbelle, M., 1985. Publication du Laboratoire de Biochimie de la Nutrition. num.42 (UCL). pp.72.

Nefzaoui, A., 1986. Rapport de Consultation (FAO/Division de la Santé et de la Production Animale-Rome).

Nefzaoui, A., 1986. In:Séminaire International sur la Technologie de l'Huile d'Olive et la Valorisation des Sous Produits. (eds. FAO), Izmir (Turquie), 20-24 Octobre 1986.

Nefzaoui, A. et Vanbelle, M., 1986. Animal Feed Science and Technology. 14:139-149.

Nefzaoui, A., 1987. Agronomie et Horticulture, 1:26-48.

Nefzaoui, A., 1987. Agronomie et Horticulture, 2 (sous-presse).

Nigh, H., 1981. Document FAO (Rome). pp.6.

Pérez, J.D., Gallardo Lara, F. et Esteban, E., 1980. Cuad. Cienc. Biol., 6-7:59-67.

Pérez, J.D., Esteban, E. y Gallardo Lara, F., 1986. In:International Symposium on Olive By-Products Valorization (eds. FAO Madrid). Sevilla (Spain), March 1986. pp.331-339.

Potenz, D., Righetti, E. y Volpicella, M., 1980. Nota 3. Inquinamento, 12:1-4.

Ruiz Valenzuela, G., 1986. In:International Symposium on Olive ByProducts Valorization (eds. FAO Madrid). Sevilla (Spain), March 1986. pp.173-177.

Sansoucy, R., Alibes, X., Martilotti, F., Nefzaoui, A. et Zoiopoulos, P., 1983. Etude FAO num.43 (Division de la Production et de la Santé Animale) (FAO-Rome).

Theriez, M. et Boule, G., 1970. Ann. Zootechn., 19(2):143.

Van Soest, P.J., 1982. In:Nutritional Ecology of the ruminant. ed. Van Soest P.J., O & Books Inc. Oregon, 97330.

Vazquez Roncero, A., Graciani Constante, F. et Maestro Duran, R., 1970. Grasas y Aceites, 25(5).

Vazquez Roncero, A., Janar del Valle, C. et Janar del Valle, M.L., 1973. Grasas y Aceites 24(6):350.

Vazquez Roncero, A., Maestro Duran, R. et Graciani Constante, E., 1974. Grasas y Aceites, 25(6):341.

Zoiopoulos, P.E., 1983. Animal Production and Health Division (FAO-Rome). pp.77.



## **CUARTA SESION**



# I ANALISIS COMPARADO DE LA LEGISLACION REFERENTE A VERTIDOS DE INDUSTRIAS OLEICOLAS

VLADIMIRO MANDEL (\*)  
(Ponencia expuesta por el Sr. Zorita)

(\*) Gabinete del Medio Ambiente de la Comisión de las Comunidades Europeas.  
Bruselas (Bélgica).



# **ANALISIS COMPARADO DE LA LEGISLACION REFERENTE A VERTIDOS DE INDUSTRIAS OLEICOLAS**

Vladimiro Mandel

## **INTRODUCCION**

Los tratados de París y de Roma, firmados durante los años cincuenta y que formaron las bases de la construcción y unificación europeas no proveían explícitamente en sus textos la protección del medio ambiente. Se limitaban a señalar la necesidad de asegurar el mejoramiento constante de las condiciones de vida y de trabajo.

Sólo fue en los años setenta –después de la reunión de los jefes de estado y de gobierno que tuvo lugar en París en 1972– que la política comunitaria para el medio ambiente empezó a desarrollarse.

En 1975 se aprobó el primer programa de acción para el medio ambiente. Desde entonces, la aproximación hacia la protección del medio ambiente ha evolucionado considerablemente.

En la actualidad, el cuarto programa está en vía de realizarse y terminará en 1992. Con la adopción del Acta Unica en 1987, al medio ambiente se le ha dado un espacio específico. Esto ha permitido incorporar explícitamente al nuevo tratado cierto número de principios fundamentales que se encuentran en la base de toda la política comunitaria de la protección del medio ambiente.

El nuevo tratado adopta ciertos criterios tradicionales como por ejemplo el del principio «él que contamina, paga» y fomenta las acciones preventivas, la protección de los recursos naturales o además la lucha contra la contaminación en el origen.

Define también el principio según el cual la política de la protección del medio ambiente debería situarse al mismo nivel que las otras políticas comunitarias. (Véase el artículo 130 R del Acta Unica).

Para llevar a cabo la política del medio ambiente contemplada en el Acta Unica y en los programas de acción, se utilizan los siguientes instrumentos jurídicos:

- Reglamentos (obligatorios)
- Directivas (obligatorias)
- Decisiones (obligatorias)
- Recomendaciones y resoluciones (no obligatorias)

En particular, por lo que se refiere a la protección y la calidad de las aguas, la legislación comunitaria utiliza esencialmente las directivas, las cuales deben aplicarse obligatoriamente mediante la legislación de los Estados miembros en un plazo determinado.

A través de estas directivas, la Comunidad Europea definió los objetivos, normas y procedimientos dejando a los Estados miembros una cierta flexibilidad en cuanto a las medidas a llevar a cabo para aplicarlas.

Podemos considerar que existen cuatro categorías de directivas protegiendo el ambiente acuático y que han sido adoptadas por el Consejo:

1. Directivas objetivas de calidad.
2. Directivas sectoriales.
3. Directivas para las aguas subterráneas.
4. Directivas que pretenden proteger las aguas contra la contaminación provocada por sustancias peligrosas

### **1. Directivas objetivas de calidad**

Esta primera categoría se compone de cinco directivas que determinan los objetivos de calidad de las aguas conforme a su utilización:

- Directiva 75/440/CEE, que establece la calidad necesaria para las aguas de superficie destinadas a la elaboración de agua alimenticia.
- Directiva 79/869/CEE, relativa a las frecuencias de análisis y a los métodos de muestreo de las aguas de superficie destinadas a la elaboración de agua alimenticia.
- Directiva 80/778/CEE, que controla las aguas destinadas al consumo humano, después de su tratamiento.
- Directiva 76/160/CEE, relativa a las aguas de baño.

Esta directiva fija los criterios de calidad (para las aguas de baño), y obliga a los Estados miembros a identificar y a controlar estas aguas. La Comisión publica cada año, con el acuerdo previo de los Estados miembros, un informe que tiene en cuenta la calidad de estas aguas.

- Directiva 78/659/CEE, relativa al agua dulce adecuada para la vida de los peces.

Esta directiva obliga a los Estados miembros a indicar las aguas consideradas como aptas para la vida de los peces que pertenecen a la familia de los salmónidos o de los ciprinidos.

– Directiva 79/923/CEE

Controla la protección de las aguas de estuarios saladas o costeras y que están consideradas por los Estados miembros como aguas que permiten la vida y el crecimiento de moluscos.

## **2. Directivas sectoriales**

Dentro de esta categoría, por ahora solamente existe una sola directiva que vigila la eliminación de la contaminación provocada por los efluentes de la industria de bióxido de titanio (82/883/CEE).

## **3. Directivas para las aguas subterráneas**

En la mayoría de los Estados miembros, más de la mitad de las aguas potabilizables se derivan de niveles del subsuelo acuífero. A propósito, la directiva 80/68/CEE ha sido adoptada para evitar la introducción de sustancias (peligrosas) de la lista I y la lista II. (Estas sustancias se definen en la directiva marco 76/464/CEE).

## **4. Directivas contra las sustancias peligrosas**

En el marco de esta discusión, es preciso explicar brevemente los instrumentos que la Comisión ha desarrollado para proteger el medio acuático de la contaminación provocada por las sustancias peligrosas citadas con antelación.

En efecto, la protección del medio acuático contra el depósito de sustancias peligrosas que provienen de la industria o de fuentes diversas es el objetivo de un gran número de directivas.

La mayoría de las directivas (filiales) vinculadas a estos problemas están basadas en la directiva marco 76/464/CEE que estableció las disposiciones para la eliminación o reducción de la contaminación, por las sustancias peligrosas, de las aguas interiores y costeras.

La directiva 76/464/CEE estableció que los Estados miembros tomaran medidas para eliminar la contaminación por las sustancias de la lista I y reducir la contaminación por las sustancias enumeradas en la lista II del anexo de la directiva citada.

Las sustancias de la lista I fueron seleccionadas desde el punto de vista de su toxicidad, persistencia y bioacumulación, como es el caso para los compuestos y sustancias siguientes:

- Compuestos organohalógenos.
- Compuestos organofosfóricos.
- Compuestos organostánicos.
- Mercurio y compuestos de mercurio.

- Cadmio y compuestos de cadmio.
- Aceites minerales persistentes e hidrocarburos de origen petrolero persistentes.
- Materias sintéticas persistentes

Sin ser tan tóxicas como las sustancias de la lista I, las sustancias de la lista II pueden tener efectos perjudiciales sobre el medio ambiente. Estos efectos pueden ser limitados a una cierta zona y depender de las características de las aguas de recepción y de su localización.

Los principales compuestos y sustancias de la lista II son los siguientes:

- Metaloides.
- Biocidas (que no figuran en la lista I).
- Sustancias que tienen un efecto perjudicial sobre el sabor u olor de los productos de consumo del hombre derivados del medio acuático.
- Compuestos organosilíceos tóxicos o persistentes.
- Compuestos inorgánicos de fósforo.
- Aceites minerales no persistentes.
- Cianuros-fluoruros.
- Sustancias que ejercen una influencia desfavorable sobre el balance oxígeno, notablemente: amoníaco, nitratos

Teniendo en cuenta el tema de esta discusión, conviene evocar los vínculos que existen entre la legislación comunitaria y la industria.

El proceso legislativo de la Comisión Europea es en general bastante complejo. Implica numerosas consultas con los Estados miembros, el Parlamento europeo, el Comité económico y social y de las organizaciones privadas, tanto a nivel nacional como a escala comunitaria.

Durante el proceso de toma de posiciones (nacionales) acerca de la legislación propuesta por la Comisión, los Estados miembros deben consultar ceremoniosamente a los parlamentos nacionales y proceder a las consultas informales con los grupos profesionales entre los cuales se encuentran, sin duda ninguna, los representantes de la industria.

No hace falta olvidar que la industria, por la riqueza que produce, hace posible las inversiones necesarias que contribuyen a la mejora del medio ambiente.

Por lo demás, la protección del medio ambiente debe influir en el concepto y colocación de las instalaciones industriales, la producción, la elección de los productos y finalmente la gestión de los desechos y efluentes.

Es evidente que la necesidad de imponer legislaciones cada vez más severas, plantea problemas a las industrias más antiguas. Pero, en cambio, las nuevas instalaciones industriales están cada vez mejor equipadas para responder a las nuevas exigencias ambientales.

Por lo que se refiere al objeto de esta discusión, los productores principales de

aceite de oliva a escala comunitaria poseen las disposiciones y leyes nacionales relativas a los efluentes de las fábricas de aceite de oliva (alpechines).

En España especialmente, estos efluentes están regulados dentro del mismo capítulo de la «Ley sobre los efluentes y desechos industriales» que prohíbe su depósito en redes urbanas así como en los ríos, lagos y mares. Sólo se autoriza su descarga en las cuencas ahuecadas en tierras baldías.

Una legislación existe también en Italia y unas normas diferentes están previstas para los desechos industriales y los de otro origen. No es siempre fácil determinar si la extracción de aceite de oliva se considera como actividad industrial o no.

La ley portuguesa obliga la depuración de los efluentes, pero admite su canalización hacia los ríos principales (Guadiana y Tajo). Hay motivo de señalar que la corriente de estos dos ríos es muy importante cuando pasan por Portugal, sobre todo en invierno, durante el período de funcionamiento de las fábricas de aceite de oliva.

Al nivel comunitario no existe una norma específica para la elaboración de aceite de oliva. No obstante, la directiva del 15/07/75 relativa a los desechos (75/442/CEE) prevee en el artículo 4 que los desechos deberían ser eliminados sin poner en peligro la salud del hombre y sin perjudicar el medio ambiente. Con respecto a esto, y dentro del marco de la industria y el medio ambiente, la Comisión de las Comunidades Europeas fomentó, en la época del Año Europeo del Medio Ambiente en 1987, un concurso para las mejores soluciones técnicas industriales acerca de la protección del medio ambiente. (European Better Environmental Award For Industry).

La fábrica SAN CARLOS (Cádiz, España) ha sido premiada por haber desarrollado un sistema de extracción de aceite de oliva menos contaminante para el medio acuático.

Además, varios programas de investigación industrial han sido financiados dentro del ámbito del programa MESPA; éstos están también vinculados a la extracción de aceite de oliva por métodos menos contaminantes como por ejemplo:

- Facultad de ciencias y de tecnología (Quinta da Torre, Caparica, Portugal) desarrollo de un sistema de intensificación de la biomasa para el tratamiento de los efluentes industriales y la producción de aceite de oliva.
- Innovatech –servicio SRL (Bitonto, Bari, Italia)– desarrollo de proyectos de demostración para el tratamiento de los efluentes provenientes de la industria de aceite de oliva.
- Confederación hidrográfica del Guadalquivir, Sevilla, España. Proyecto de evaluación técnica-económica de los distintos métodos de purificación de los efluentes provenientes de la industria de extracción de aceite de oliva.

Como podemos probar, se intensifica la investigación de métodos que permiten la reducción de los efectos perjudiciales de los efluentes provenientes de la industria de extracción de aceite de oliva.

La preocupación creciente que anima a la Comisión de las Comunidades Europeas a proteger, lo mejor que pueda, el medio acuático, depende igualmente de las conclusiones de los Ministros del medio ambiente de los doce en el momento de su reunión en junio de 1988. Estos afirmaron que «en toda la Comunidad Europea, el agua es un recurso valioso que debe administrarse con cuidado».

De ese modo, la Comisión transformó rápidamente los deseos de los ministros en instrumentos legislativos.

La Comisión presentó al Consejo, el 5 de enero de 1989, una proposición de directiva concerniente a la protección de las aguas dulces, costeras y marinas contra la contaminación por los nitratos a partir de fuentes diversas con la intención de:

- Proteger las fuentes de agua potable (aguas subterráneas).
- Evitar la «eutrophisation» de los ríos, arroyos, vías fluviales, lagos y aguas costeras

Una vez adoptada la proposición, los Estados miembros tendrán que iniciar la denominación de zonas sensibles a la contaminación por los compuestos nitrogenados.

Las principales medidas que deben tomar son las siguientes:

- Limitación de la utilización de estercoleros.
- Limitación de la extensión de estiércol.
- Mejor utilización de la tierra.
- Tratamiento de las aguas residuales.

La Comisión publicó igualmente el 29/11/1989 una proposición de directiva acerca del tratamiento de las aguas residuales urbanas o las aguas que tienen características parecidas.

Esta proposición de directiva ya ha sido discutida por el Parlamento Europeo, por el Consejo económico y social y el grupo de trabajo del Consejo. Una vez adoptada, esta directiva estimulará el cambio más significativo en cuanto a la calidad de las aguas de superficie continentales y costeras desde la revolución industrial.

Las características principales de esta directiva son las siguientes:

- Requiere un tratamiento secundario o parecido
  - Para los municipios de 2.000 habitantes y cuyo depósito de las aguas residuales se hace en las aguas dulces (ríos, lagos, estuarios)
  - Para los municipios de 10.000 habitantes y cuyo depósito de las aguas residuales se hace en las aguas costeras

Sin embargo, esta directiva puede permitir medidas menos severas donde el depósito de las aguas residuales se hace en zonas menos sensibles.

Además, la Comisión elabora una directiva que estimulará una mejora progresiva de la calidad ecológica de las aguas continentales y costeras comunitarias.

Los objetivos principales de la directiva ecológica son:

- Determinar las zonas sensibles para las aguas de superficie continentales y las aguas costeras de la Comunidad
- Determinar las medidas cuya intención es la mejora total del medio acuático y al mismo tiempo respetar el calendario fijado para la realización de estas medidas.

Para concluir, podemos decir que los seis campos principales de la futura política comunitaria del agua son:

- El tratamiento de las aguas residuales
- La calidad ecológica de las aguas de superficie
- Las sustancias peligrosas
- Las fuentes diversas (véase directiva nitratos)
- Los recursos «hydriques»
- La integración de diferentes políticas comunitarias en materia de medio ambiente.



**ANEXO:  
ARTICULO 100 DEL ACTA UNICA**



## Artículo 100 A (\*)

1. Por derogación del artículo 100 y sin perjuicio de lo dispuesto en el presente tratado, las disposiciones siguientes se aplican para la realización de los objetivos expuestos en el artículo 8 A. El Consejo, estableciendo una mayoría cualificada, determina las medidas relativas a la reconciliación de las disposiciones legislativas, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros cuyo objeto es el establecimiento y el funcionamiento del mercado interior, por propuesta de la Comisión en cooperación con el Parlamento europeo y tras consultar con el Comité económico y social.

2. El párrafo 1 no se aplica a: las disposiciones fiscales, las disposiciones relativas, la libre circulación de personas y las relativas a los derechos e intereses de los trabajadores asalariados.

3. La Comisión, en sus propuestas previstas en el párrafo 1 en materia de salud, de seguridad, de protección del medio ambiente y de protección de los consumidores, tiene como base un nivel de protección elevado.

4. Cuando, tras la adopción de una medida de armonización por el Consejo, exigiendo por una mayoría cualificada, un Estado miembro considera necesaria la aplicación de disposiciones nacionales justificadas por las exigencias importantes contempladas por el artículo 36 o relativas a la protección del medio laboral o del medio ambiente, las debe notificar a la Comisión.

La Comisión confirma las disposiciones en cuestión después de haber comprobado que no son un medio de discriminación arbitraria o una restricción oculta en el comercio entre Estados miembros.

Por derogación del procedimiento previsto en los artículos 169 y 170, la Comisión o cualquier Estado miembro, si considera que otro Estado miembro hace un uso incorrecto de los poderes previstos en el presente artículo, puede ponerlo en conocimiento directamente del tribunal de justicia.

---

(\*) Artículo añadido por el artículo 18 del AUE.

5. Las medidas de armonización mencionadas anteriormente comprenden en los casos apropiados, una cláusula de salvaguarda que autoriza a los Estados miembros a tomar, por una o varias de las razones económicas mencionadas en el artículo 36, las medidas provisionales sometidas a un procedimiento comunitario de control.

### **Artículo 100 B (\*)**

1. Durante el año 1992, la Comisión inicia con cada Estado miembro una revisión de las disposiciones legislativas, reglamentarias y administrativas conforme al artículo 100 A y que no han sido objeto de una armonización en virtud de este último artículo.

El Consejo, al exigir según las disposiciones del artículo 100 A, puede decidir que las disposiciones vigentes en un Estado miembro deben ser reconocidas como equivalentes a las aplicadas por otro Estado miembro.

2. Las disposiciones del artículo 100 A, párrafo 4, son aplicables por analogía.

### **Artículo 130 R**

1. El objeto de la acción de la Comunidad en materia de medio ambiente consiste en:

- Preservar, proteger y mejorar la calidad del medio ambiente.
- Contribuir a la protección de la salud de las personas.
- Asegurar una utilización prudente y racional de los recursos naturales.

2. La acción de la Comunidad en materia de medio ambiente se funda en los principios de acción preventiva, de corrección por prioridad en el origen, de impactos al medio ambiente y de «el que contamina, paga». Las exigencias en materia de protección del medio ambiente son un componente de las otras políticas de la Comunidad.

3. En la elaboración de su acción en materia de medio ambiente, la Comunidad tendrá en cuenta:

- Los datos científicos y técnicos disponibles;
- Las condiciones del medio ambiente en las diversas regiones de la Comunidad;
- Las ventajas y los gastos que pueden resultar de la acción o de la ausencia de acción;
- El desarrollo económico y social de la Comunidad en su totalidad y el desarrollo equilibrado de sus regiones.

4. La Comunidad actúa en materia de medio ambiente en la medida de que los objetivos contemplados en el párrafo 1 pueden ser mejor realizados al nivel comu-

---

(\*) Artículo añadido por el artículo 18 del AUE.

nitario que al nivel de los Estados miembros tomados separadamente. Sin perjuicio de ciertas medidas teniendo un carácter comunitario, los Estados miembros aseguran la financiación y la ejecución de otras medidas.

5. Dentro del marco de sus competencias respectivas, la Comunidad y los Estados miembros cooperan con los países terceros y las organizaciones internacionales competentes. Las modalidades de la cooperación de la Comunidad pueden ser objeto de los acuerdos entre ésta y las terceras partes interesadas, que se negocian y se terminan conforme al artículo 228.

El párrafo anterior no prejuzga la competencia de los Estados miembros de negociar en procedimientos internacionales y de concluir los acuerdos internacionales.

### **Artículo 130 S**

El Consejo, al exigir la unanimidad según propuesta de la Comunidad y tras consultar con el Parlamento europeo, y con el comité económico y social, decide la acción a emprender por la Comunidad.

El Consejo definió en las condiciones descritas en el párrafo anterior, quien es responsable ante las decisiones a tomar por mayoría cualificada.

### **Artículo 130 T**

Las medidas de protección fijadas en común en virtud del artículo 130 S no son obstáculos para el mantenimiento y el establecimiento, por cada Estado miembro, de medidas de protección reforzadas compatibles con el presente tratado.







