

# Aprovechamiento del Alpeorujo



Planta de Cogeneración de orujo. Vetejar. Palencia. Córdoba

Por: José Santiago Torrecilla Velasco\*

## INTRODUCCIÓN

España es uno de los mayores productores de aceite de oliva del mundo. Cada año se recolecta más de 3.5 millones de toneladas de aceitunas (Tardáguila et al, 1996; Páginas WEB, 1999). De éstas, aproximadamente el 75% son subproductos de alto impacto medioambiental.

Dada la gran cantidad de orujo producido, es necesario disponer de vías de aprovechamiento a escala industrial. En este artículo se mostraran algunas de las líneas de mayor interés económico y algunas vías de investigación que están siendo desarrolladas actualmente. Los principales objetivos de estas líneas industriales de tratamiento son la reducción del impacto medioambiental y el incremento de la rentabilidad económica del sector oleícola, más concretamente del sector extractor.

## LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN

El proceso productivo del aceite de oliva virgen comprende varias etapas bien diferenciadas: Crecimiento y Recolección de la Oliva, Transporte a la Almazara, Lavado y Almacenamiento

del Fruto, Preparación de la Pasta, Separación de las Fases y Almacenamiento del Aceite Generado. Cada una de estas partes puede ser objeto de un tratamiento profundo, pero en el caso que nos ocupa es innecesario. Por ello, se tratarán sólo las etapas comprendidas entre el lavado de la oliva y la producción de su zumo. Estas operaciones unitarias tienen una influencia notable en el tipo y propiedades del aceite de oliva virgen y en el subproducto generado en el proceso de mouturación.

La limpieza y el lavado del fruto son operaciones básicas para la obtención de aceites de calidad. El peso de las impurezas que acompañan a las aceitunas recolectadas está comprendido entre el 5 y el 15%. Como en la totalidad de las operaciones de lavado, el tipo de impurezas condiciona el proceso de limpieza. En el caso de la aceituna (Hermoso et al, 1991), las impurezas principalmente son cuatro: hojas, ramas, tierra y polvo. Las hojas y ramas se eliminan con una corriente de aire que incide transversalmente en el momento en el que las olivas sucias son descargadas sobre un tamiz vibrante. La tierra y polvo, se elimina mediante el lavado con agua, habitualmente el agua circula en contracorriente con la aceituna a lavar.

Dado que el aceite se encuentra retenido en las vacuolas de las olivas, es necesario romperlas y extraerlo de éstas, para ello se realizan las etapas de molienda y batido (Hermoso et al, 1991 y Espinola, 1996). La molienda actualmente se realiza con molinos de martillos. La operación posterior a ésta es el batido y su objetivo es unir las gotas de aceite para formar una fase oleosa separable, que posteriormente constituirá el aceite. Después del batido se lleva a cabo la extracción física de dicho aceite, separándolo de la fase sólida que posteriormente constituirá el orujo.

La extracción del aceite de oliva en España, desde un punto de vista histórico, se ha realizado por métodos diferentes (Espinola, 1996). Durante los últimos 30 años se ha ido modificando las técnicas extractivas del aceite de oliva. Sobre los años 70, se sustituyó el sistema discontinuo como era el sistema clásico de prensas, por un sistema continuo denominado sistema de tres fases, éste separaba la pasta de aceituna en tres fracciones, oleosa, acuosa y sólida (Alba, 1994 y Espinola, 1996) donde el zumo de la aceituna (fase oleosa) era obtenido mediante la fuerza centrífuga aplicada a la pasta molida y batida de la aceituna. Debido a los problemas medioambientales que generaba la

(\*) Doctor en Ciencias Químicas

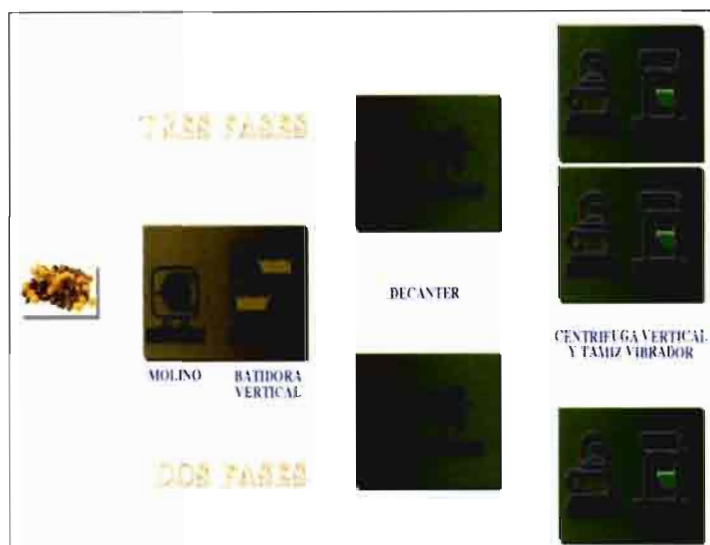


Figura 1.- Proceso productivo del aceite de oliva virgen.

fase acuosa o alpechín (Martínez et al, 1994 a y b), en los 90, se diseñó el decantador de dos fases (oleosa y sólida), evitando así el problema de los alpechines, definiendo otro problema que es la aparición del orujo de dos fases comúnmente llamado alpeorujo.

## EL ORUJO

Debido a que el orujo es un subproducto generado en el proceso de producción del aceite de oliva virgen, como se muestra en la figura 1. Los cambios producidos en los procesos extractivos del aceite de oliva, en los últimos 30 años, afectan a la naturaleza física y química del orujo.

- El orujo producido por el sistema clásico de prensa, es un orujo con un contenido graso del 9% (referido a la materia seca) y una humedad entre el 25 y 28%, inferior a los orujos que se mencionaran posteriormente (Alba, 1997). Actualmente este tipo de orujo se produce en muy pequeñas cantidades, por debajo del 1% con respecto a todos los orujos de aceituna producida.

- El orujo producido por el sistema de tres fases presenta una humedad aproximada del 49% y un contenido graso

aproximado de un 7% (referido a la materia seca) (Alba, 1997). En la actualidad en Andalucía, este sistema de producción de aceite de oliva esta siendo sustituido por el sistema de dos fases.

El orujo producido por el sistema de dos fases presenta un contenido graso aproximado del 9% (referido a la materia seca) y una humedad comprendida entre el 60 y el 66% (Alba, 1997). Actualmente en España este sistema de extracción es el más utilizado, aproximadamente el 90% de los decanter existentes en España, son de dos fases.

El orujo de dos fases, desde un punto de vista físico, presenta un aspecto semejante a los lodos de depuradora (slurry). Es un fluido de viscosidad variable, ésta depende fundamentalmente del tiempo, temperatura y presión. Este fluido presenta un esfuerzo cortante mínimo por debajo del cual el sólido no fluye. En la tabla 1 se muestra algunas de las características físicas más destacables.

En la tabla 2 se muestra la composición química típica del orujo de dos fases. El orujo tiene restos de aceituna, por ello esta compuesto por el hueso

con un alto contenido en fibra y alto poder calorífico, por otro lado la pulpa y piel donde se encuentra gran cantidad y variedad de proteínas.

## VÍAS DE APROVECHAMIENTO DEL ORUJO DE DOS FASES

Como se desprende de la tabla 2, este subproducto, en base a su composición química, es útil para muchos usos a nivel industrial (generación de energía, producción de aceite, fuente de proteínas, carbón activo, compost, fuente de fibra alimentaria, etc). Es importante destacar que para la gran mayoría de éstos es necesario acondicionar el subproducto (secado el orujo a condiciones de equilibrio), y disponer de una infraestructura adecuada, a escala industrial, para el correcto transporte y tratamiento de dicho subproducto. Obviando todas estas necesidades se tratarán las distintas vías de tratamiento del orujo separándolas en dos grandes grupos:

Líneas de aprovechamiento industrial.

Líneas de aprovechamiento en Investigación.

## LÍNEAS DE APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL

Entre las líneas de aprovechamiento del orujo ya establecidas a escala industrial cabe destacar: la generación de energía eléctrica de amplia aplicación sobre todo en Andalucía, producción de carbón activo que esta enmar-

Tabla 2. Composición química típica de los orujos

ORUJOS A LA SALIDA DE DECANTER	
Humedad (% b.h.)	60-65
Grasa (% referida a materia seca)	9
Proteínas (%)	5 - 6
Azúcares (%)	4.8
Fibra bruta (%)	14 - 15
Cenizas (%)	2 - 3
Polialcoholes (%)	0.5 - 1
Glucósidos (%)	0.5
Ácidos Orgánicos	0.5 - 1
Polifenoles (ppm)	23.000
N % (sobre seco)	0.8
P % (sobre seco)	0.25
K % (sobre seco)	1.8

Tabla 1. Propiedades Físicas del orujo de dos fases

ORUJOS A LA SALIDA DE DECANTER	
Humedad (% b.h.)	60-65
Densidad Aparente (kg/m <sup>3</sup> )	1035
Poder Calorífico Superior (kcal/kg)	5052



cado en Córdoba, debido a la alta producción de orujo de la zona, la extracción del aceite de orujo de oliva que es una vía de muy amplia aplicación cuyo rendimiento económico esta a la baja fundamentalmente debido al bajo contenido graso que presenta este subproducto a la entrada a la extractora.

## Generación de Energía Eléctrica

La generación de más de 3 toneladas de orujo anualmente, constituye a priori una potencial fuente energética, independientemente de los problemas que su aprovechamiento energético presenta.

El poder calorífico inferior (PCI) del orujo de dos fases con una humedad del 50% es de 2018 Kcal/Kg (Oleícola el Tejar, 1995) que aunque es notablemente inferior al poder calorífico del gasóleo (10300 Kcal/Kg (López et al, 1995)), es suficiente para constituir una línea de aprovechamiento de rentabilidad marcadamente medioambiental y económica.

La generación de energía eléctrica a escala industrial se lleva a cabo mediante la combustión del orujo. Actualmente en España existen distintos combustores industriales que funcionan con dicho combustible, diferenciándose fundamentalmente en el tipo de contacto que tiene lugar. Los existentes en la actualidad están basados fundamentalmente en lechos fluidizados y en parrillas inclinadas.

En el 1995 OLEÍCOLA EL TEJAR constituyó, conjuntamente con la Com-

pañía Sevillana de Electricidad y con Avengo una Sociedad denominada VETEJAR S. L. cuyo objeto social era la construcción y explotación de una Central Térmica de Cogeneración a partir del orujo de dos fases. Las características fundamentales de dicho combustible son las que se muestran en la tabla 3 (Oleícola el Tejar, 1995). Ésta fue la primera central de cogeneración, utilizando este combustible, construida en el Mundo.

Esta planta esta funcionando regularmente desde 1995, aunque presenta algunos problemas relacionados con la elevada humedad del combustible. Basándose en el conocimiento adquirido en este combustor, se diseño otro de dinámica diferente. Este nuevo contactor esta basado en parrillas inclinadas, empezó a funcionar en pruebas en abril del 1999. Ha sido diseñado con una potencia de 5.7 MW (Artacho, 1999), la novedad de este diseño es que lleva asociado un deshidratador del combustible que utiliza energías de baja calidad, es decir, calores residuales para disminuir el contenido en humedad del orujo sin coste alguno, hasta niveles del orden del 30%, valores que confieren al orujo unas características adecuadas para su combustión en dicho equipo.

Las cenizas y los gases de la combustión son residuos típicos de este proceso. En el caso de la combustión del orujo de dos fases las cenizas pueden ser empleadas para distintos fines, como la elaboración de fertilizantes, dado su alto contenido en potasio (8 al 30% en

K2O), o la fabricación de cementos portland o cementos puzolánicos.

Dado que el combustible utilizado no presenta una concentración elevada de compuestos potencialmente contaminantes, las emisiones gaseosas del proceso de combustión tienen un carácter medioambientalmente positivo ya que según medidas realizadas a pie de planta, presentan una escasa concentración de sustancias potencialmente nocivas.

## Producción de Carbón Activo

La gran área superficial del carbón activo le confiere un gran número de utilidades en operaciones de separación en fase gas y líquida (Grosó, Brosa, 1999). Esto es debido a la relación de poros con respecto a la superficie y el tamaño de éstos. Estos factores vienen determinados por la materia prima y por el proceso de activación del carbón.

Debido a la demanda de este producto en Europa y lo deficitario del mismo, unido a la gran cantidad de orujo generado cada temporada, hizo a OLEÍCOLA EL TEJAR e IBÉRICA DE CARBONES ACTIVOS S.A. estudiar la viabilidad de producir carbón activo a partir del hueso de la aceituna previamente separada de la pulpa. Con este fin, se construyó una planta piloto donde se pudo estudiar durante dos años, las condiciones de operación y verificar la calidad del carbón activo producido a partir del orujo. Desembocando todo esto en la construcción de una planta industrial de producción y regeneración de carbón activo de 2500 t/a (Oleícola el Tejar, 1995).

## Producción de aceite de orujo de oliva

La línea de aprovechamiento del orujo más común es la extracción del aceite de orujo de oliva. Como cabía esperar el orujo contiene el hueso, pulpa y piel de la aceituna y presenta un contenido graso variable en base a las características del orujo tratado, como se ha tratado anteriormente. La producción del aceite de orujo de oliva consiste en una extracción del contenido graso con disolventes orgánicos, el disolvente más utilizado es el hexano. Este aceite es comercializado con distintos grados de acidez como aceite derivado del de oliva de menor calidad.

El procedimiento clásico de las extractoras u orujeras que trabajan en continuo es el que sigue: El orujo de dos fases llega a las extractoras con una

Tabla 3.- Datos de diseño de la planta de Cogeneración Vetejar S.L.

DATOS DE DISEÑO	
Combustible	Orujo de dos fases
PCI (Kcal/Kg) (50% humedad)	2018
Consumo de combustible (t/h)	18.38
Caldera	Lecho Fluidizado
Temperatura del Vapor (°C)	480
Caudal de vapor (t/h)	48.7
Presión del vapor (bar)	85
Potencia de turbina (MW)	12.9
Extracción para el proceso en turbina (bar)	10
Caudal (t/h)	13
Presión en Turbina (bar)	10
Coste (MMptas 1995)	2500
Horas de funcionamiento (h/año)	8000

humedad cercana al 65%, éste debe ser secado hasta humedades inferiores al 10% para que el rendimiento de la extracción sea adecuado. Este orujo seco es extractado con hexano, que por lixiviación separa el aceite del sólido. El orujo se mezcla con el hexano formando una miscela de hexano-aceite que es separado en destiladores en serie, en los que por cabeza se recupera el hexano y por cola se obtiene el aceite de orujo de oliva en bruto que es necesario refinar para comercializarlo. De forma general, en el proceso de extracción se producen tres corrientes: Aceite de orujo de oliva en bruto, hexano y orujillo (orujo extractado).

Como extractoras cabría destacar Aceites Pina (Villarta de San Juan) donde reciben un 80% de orujo (65% Humedad) de dos fases, un 15% de tres fases (50% de humedad) y un 5% de prensas (28% de humedad) y previamente a la etapa de extracción se mezcla en las condiciones adecuadas para el mejor rendimiento de la operación. En El Tejar (Córdoba), OLEÍCOLA EL TEJAR extrae el orujo de dos fases o tres fases, según el proceso descrito.

### **Producción del aceite de oliva por medio del repaso**

Mediante la aplicación de una segunda centrifugación al orujo se extrae un aceite de oliva de peores características que el aceite de oliva lampante. Mediante este sistema se reduce el contenido graso del orujo, disminuyendo así el rendimiento económico del proceso extractivo del aceite de orujo de oliva.

OLEÍCOLA EL TEJAR ha construido en Pedro Abad (Córdoba) una planta de centrifugación y un parque de almacenamiento de orujo de dos o tres fases. El orujo (fundamentalmente de dos y tres fases) recibido de las almazaras es sometido a un proceso de centrifugación en esta planta, extrayendo así gran parte del aceite de oliva contenido en este subproducto (Artacho, 1997).

### **LÍNEAS DE APROVECHAMIENTO EN INVESTIGACIÓN**

En los últimos años se están desarrollando múltiples proyectos de investigación subvencionados por fuentes públicas o privadas acerca de posibles vías de tratamiento del orujo de dos fases. A finales de 1999, finalizó un proyecto subvencionado con fondos de la Unión Europea acerca de este tema. En adelante se comentará brevemente los ob-

jetivos de éste, así como también las innovaciones obtenidas con el mismo.

### **Improlive**

El proyecto IMPROLIVE denominado "Improvement of processes to treat the liquid-solid waste from the two phases olive oil extraction", se llevó a cabo en el periodo comprendido entre enero 1997 y diciembre 1999. Participó un grupo multidisciplinar de más de 20 expertos pertenecientes a 7 centros europeos de investigación y comerciales. Los objetivos de este proyecto fueron:

- Mejora de tratamientos para aprovechamiento del orujo y su valorización.
- Reducción del impacto medioambiental.
- Mejora de la economía de los procesos.
- Desarrollo de proyectos de I+D en Universidades y Empresas:
- Mejora del contenido en proteínas en orujo para valorizar el residuo como alimento para animales.
- Obtención y utilización de compost, como abono fitopromotor.
- Depuración del agua procedente de la fracción acuosa del orujo.
- Mejora del secado de la fracción sólida.
- Gasificación de la fracción sólida final.
- Optimización de sensores y controladores.

Para desarrollar las tareas programadas, se constituyeron cuatro grupos de trabajo, clasificados por tratamientos y operaciones:

- Operaciones Físicas: secado, decantación, mezcla, separación (orujo seco y húmedo, hueso, pulpa...).
- Procesos Biotecnológicos: fermentación para abono, fermentación en estado sólido para aumentar el contenido en proteínas, fermentación anaerobia para depuración de alpechines.
- Procesos Químicos: gasificación de residuos para obtención de gas para motores y combustión para obtener energía térmica directa.
- Instrumentación y Control: diseño de válvulas para sólidos, control de temperatura y sensor de humedad.

Los resultados del proyecto son múltiples y muy diversos, entre ellos cabe destacar:

- Se ha obtenido un catálogo de tratamientos, una base de datos interactiva con datos de 30 almazaras de España y Grecia y en continuo crecimiento.

- Se ha generado orujo enriquecido para alimento de ganado.

- Se ha producido abono de alta calidad que se está utilizando en crecimiento de plantas como el champiñón.

- Se ha eliminado de toxicidad de la fase acuosa del orujo (biorremediación).

- Se han definido métodos de estabilización del abono (basado en la adición controlada de agua oxigenada).

- Se ha diseñado y construido un nuevo sistema de contacto de lecho fluidizado/móvil.

- Se ha mejorado notablemente el secado y extracción del aceite de orujo de oliva (métodos físicos).

- Se ha diseñado y mejorado los sistemas de instrumentación y control en el secado.

Existe un gran número de líneas de utilización del orujo de dos fases a escala industrial y a nivel de investigación. Algunas orujeras están más dirigidas hacia la cogeneración, otras a la extracción del aceite de orujo de oliva, ahora es necesario reconocer cual es la vía más efectiva desde un punto de vista económico y medioambiental para llegar a alcanzar el tan deseado vertido cero.

### **REFERENCIAS**

- Alba, J.; "El orujo de aceituna. Un reto para la investigación y la tecnología", Expoliva'97, 1997.
- Alba, J.; "Nuevas tecnologías para la obtención del aceite de oliva", Fruticultura Profesional (Suplemento), 62:85-95, 1994.
- Artacho, A. "Aprovechamiento de los subproductos del Olivar. Planta de cogeneración de Palenciana"; Mercacei Magazine N.º. 20; Agosto / octubre 1999.
- Artacho, A. "Tratamiento del alpeorujo"; Expoliva'97, 1997.
- Espinola, F.; "Cambios tecnológicos en la extracción del aceite de oliva virgen"; Alimentación, Equipos y tecnología, Abril 1996.
- Groso Cruzado, G., Brosa Echevarría, J.; "El carbón activado, materias primas y aplicaciones"; QUÍMICA E INDUSTRIA, marzo 1999.
- Hermoso, M.; Uceda, M.; García-Ortiz, A.; Morales, J.; Frías, L.; Fernández, A.; "Elaboración de aceite de oliva de calidad"; Dirección General de Investigación y Extensión Agrarias, 1991.
- López Sastre J., Guijosa L. y Sanz J. M., "Los aceites vegetales como combustibles ecológicos", Energía, Septiembre / octubre 1995
- Martínez, L.; Garrido, S.; "El alpechín un problema medioambiental en vías de solución I"; Química e industria, Noviembre 1994a.
- Martínez, L.; Garrido, S.; "El alpechín un problema medioambiental en vías de solución II"; Química e industria, Diciembre 1994b.
- Oleícola El Tejar Nuestras Señoras de Araceli Sociedad Cooperativa Ltda. Mercacei, Julio / septiembre 1995.
- Páginas web: <http://infolivo.com>; [www.promojaen.es](http://www.promojaen.es); [www.jabalucz.ujae.es](http://www.jabalucz.ujae.es)
- Tardáguila, J.; Montero, F.; Olmeda, M.; Alba, J.; Bernabéu, R.; "Análisis del sector del aceite de oliva"; Alimentación, Equipos y Tecnología, Abril 1996.