

ELABORACION DE ACEITE DE OLIVA DE CALIDAD. Obtención Por El Sistema De Dos Fases



COMUNIDAD EUROPEA



**ELABORACIÓN DE
ACEITE DE OLIVA DE CALIDAD.
OBTENCIÓN POR EL
SISTEMA DE DOS FASES**

© Edita: JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Agricultura y Pesca
Publica: Dirección General de Investigación y Formación Agraria. Servicio de Publicaciones y Divulgación
Colección: Informaciones Técnicas 61/98
Autores: Manuel Hermoso Fernández, Jesús González Delgado, Marino Uceda Ojeda, Ángel García-Ortiz Rodríguez, Juan Morales Bernardino, Luisa Frías Ruiz, Ángel Fernández García.

Fotografía e Ilustraciones: Autores

I.S.B.N.: 84 - 89802-37-8

Depósito Legal: SE. 581 - 96

Fotocomposición e Impresión: J. de Haro Artes Gráficas, S. L. Parque Ind. P.I.S.A. Mairena del Aljarafe • Sevilla

ELABORACIÓN DE ACEITE DE OLIVA DE CALIDAD. OBTENCIÓN POR EL SISTEMA DE DOS FASES

**MANUEL HERMOSO FERNÁNDEZ
JESÚS GONZÁLEZ DELGADO
MARINO UCEDA OJEDA
ÁNGEL GARCÍA-ORTIZ RODRÍGUEZ
JUAN MORALES BERNARDINO
LUISA FRÍAS RUIZ
ÁNGEL FERNÁNDEZ GARCÍA**

Centro de Investigación y Formación Agraria "Venta del Llano". Mengíbar (Jaén)
Dirección General de Investigación y Formación Agraria
JUNTA DE ANDALUCÍA
Consejería de Agricultura y Pesca

INDICE

PRÓLOGO	9
1. INTRODUCCIÓN	11
2. LA CENTRIFUGACIÓN EN LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE OLIVA	15
2.1. Teoría de la centrifugación	15
2.2. Descripción del decánter. Funcionamiento	18
2.3. Eficacia del decánter	22
3. COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS CONTINUOS DE DOS Y TRES FASES	25
3.1. Ventajas	26
3.2. Inconvenientes	26
3.3. Rendimiento industrial	28
3.4. Calidad del aceite	32
4. CONSIDERACIONES SOBRE LA ELABORACIÓN DE ACEITE DE OLIVA EN UN SISTEMA CONTINUO DE DOS FASES	37
4.1. El olivo	37
4.1.1. Variedad y medio	37
4.1.2. Cuidados culturales	37
4.1.3. Control fitosanitario	38
4.1.4. Recolección	38
4.1.5. Transporte	40
4.2. Operaciones previas	41
4.2.1. Recepción	41
4.2.2. Limpieza y lavado del fruto	41
4.2.3. Pesada. Toma de muestras	44
4.2.4. Almacenamiento del fruto	44
4.3. Preparación de la pasta	45
4.3.1. Molienda	45
4.3.2. Batido	46
4.3.2.1. Tiempo de batido	46
4.3.2.2. Temperatura	48
4.3.2.3. Uso de coadyuvantes	49
4.4. Separación de Fases	59
4.4.1. Cantidad de masa inyectada	59
4.4.2. Regularidad en la inyección de masa	62
4.4.3. Regulación salida de aceite	62
4.4.4. La centrifugación vertical	63
4.5. Almacenamiento del aceite	64

5. CONTROL DE LA ALMAZARA CON UN SISTEMA CONTINUO DE DOS FASES ...	65
5.1. Controles visuales	65
5.2. Controles analíticos	68
6. MANEJO Y REGULACIÓN DE UN SISTEMA CONTINUO DE DOS FASES	73
6.1. Manejo	73
6.2. Regulación	74
7. ELIMINACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LOS SUBPRODUCTOS	77
7.1. Agua de lavado de los aceites	77
7.2. Orujo	79

PRÓLOGO

La Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía ha editado, cuatro publicaciones tituladas:

1. "Elaboración de aceite de oliva de calidad" Apuntes nº 5/91
2. "Analistas de Laboratorio de almazara" Apuntes nº 6/91
3. "Producción de aceite de oliva de calidad. Influencia del cultivo" Apuntes nº 21/92
4. "Características organolépticas y análisis sensorial del aceite de oliva" Apuntes nº 10/93

El primero de ellos pretendía ser una guía práctica para los almazareros con el fin de ayudarles a conseguir el objetivo fundamental de obtener aceite de oliva virgen de calidad, sin olvidar otros aspectos, también determinantes en la rentabilidad de la industria, como es una buena extractabilidad a bajos costes de producción.

Pasados unos años, la industria de la extracción de aceite de oliva ha experimentado los suficientes cambios como para que haya que pensar en otra publicación que aborde los cambios tecnológicos introducidos en el sector, en especial, la centrifugación en dos fases.

Evidentemente, los principios básicos de la extracción del aceite de oliva son los mismos. Sin embargo, es preciso adecuarlos a los nuevos conocimientos y moderna maquinaria para conseguir los objetivos de alta calidad, con adecuados agotamientos en los subproductos, bajos costes de producción y respeto del medio ambiente. Precisamente, esta faceta de respeto al medio ambiente, o por lo menos, de reducir el impacto que toda industria produce, es uno de los objetivos fundamentales que pretende el sistema de centrifugación en dos fases.

Dado que los principios y objetivos son los mismos, se remitirá al lector en muchas cuestiones a las publicaciones arriba mencionadas.

El C.I.F.A. de Mengíbar (Jaén) ha dedicado un esfuerzo importante al estudio de este tema. Los trabajos se han centrado fundamentalmente en la aceituna de varie-

dad Picual, por lo que, cuando no se indique lo contrario, se sobreentiende que los datos están referidos a aceituna de este cultivar.

En los ensayos, se ha usado una línea continua Pieralisi modelo SC-30, reversible para trabajar en dos y tres fases. Las condiciones generales de elaboración han sido:

- Aceituna procedente del árbol, con un máximo de 24 h. de almacenamiento.
- Tiempo de batido: una hora y cuarto.
- Temperatura de la masa al final del batido: 30° C
- Ritmo de trabajo: 80% de la capacidad teórica del decánter.

Las muestras, tanto de aceituna como de aceite y de subproductos, se han tomado y analizado por triplicado con métodos normalizados.

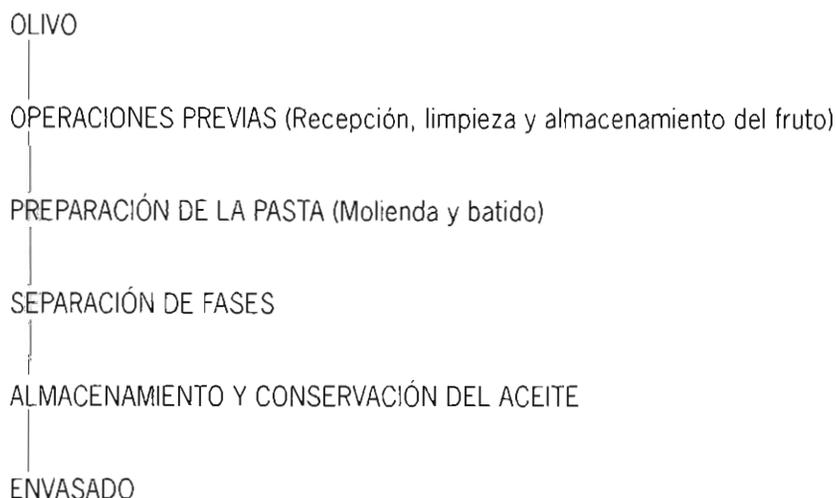
Igualmente, se ha realizado un seguimiento de almazaras y extractoras de orujo para contrastar la realidad industrial.

La experiencia de la que se dispone, aún es corta, pues realmente el sistema de centrifugación en dos fases lleva sólo dos campañas de funcionamiento más o menos generalizado, pero parece oportuno hacer una exposición de lo que se conoce, y así contribuir a corregir los defectos que se han observado en algunas almazaras, sin perjuicio que, en años sucesivos, puedan matizarse o corregirse determinados aspectos.

LOS AUTORES

1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, en el proceso de elaboración del aceite de oliva se han distinguido una serie de etapas o fases como son:



Esencialmente, la calidad del aceite de oliva virgen deriva de ser un zumo de fruto que puede consumirse directamente, lo que no puede hacerse con ningún otro tipo de aceite vegetal. Pero, precisamente por ser un producto natural, han de tenerse en cuenta en su elaboración una serie de factores relativamente simples, pero básicos, para conseguir y mantener la calidad del aceite de oliva. Los principios fundamentales serían:

a) La obtención de la calidad es una cadena que comienza en el olivo y termina cuando la botella llega al consumidor. Todos los implicados en el tema: agricultores, almazareros, envasadores... han de concienciarse que la rotura de un solo eslabón supone la pérdida irreversible de la calidad.

b) Es prácticamente imposible que todo el producto sea de excelente calidad. Es prioritario esmerarse en obtener la máxima cantidad de aceite con buenas características, SEPARÁNDOLO de los de mediana o inferior calidad.

En este contexto, el OLIVO, primera fábrica de aceite, se constituye en el primer eslabón de la cadena de la calidad (y también de la cantidad de aceite producido). Aspectos tales como el control fitosanitario o la recolección, son básicos para obtener el fin que nos proponemos.

La siguiente fase son las OPERACIONES PREVIAS de recepción, limpieza y almacenamiento del fruto. En los últimos años se ha hecho un esfuerzo importante por parte del sector almazarero en dos sentidos:

Por un lado, de reducción de costes, haciendo la limpieza y el lavado de aceituna en la almazara, de forma centralizada y mecanizada.

Por otro, reduciendo de manera importante el tiempo de almacenamiento del fruto, mediante la ampliación la capacidad de molturación. La consecuencia ha sido una mejora general de los aceites producidos.

Sin embargo, se ha avanzado muy poco en la recepción del fruto, en el sentido de separar los frutos que potencialmente puedan producir aceites de calidad de los que producirán aceites de mala calidad.

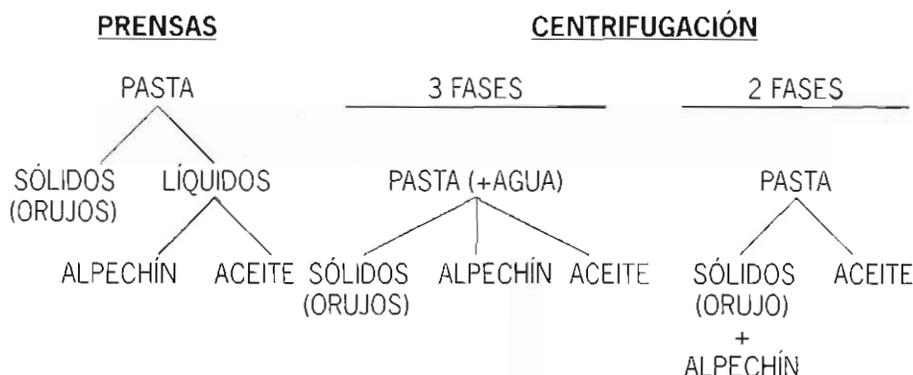
La PREPARACIÓN DE LA PASTA consta, sea cual fuere el procedimiento que luego vaya a emplearse en la separación de las fases, de la molienda y el batido. La molienda del fruto tiene como objeto la rotura de las células en que está contenido el aceite, liberando éste, mientras el batido pretende formar una fase oleosa continua, apta para ser separada. Consideraciones sobre naturaleza del molino, grado de molienda, tiempo y temperatura del batido, o adición de coadyuvantes tecnológicos son determinantes tanto de la calidad del aceite que vaya a obtenerse como de los agotamientos de los subproductos.

Realmente, el proceso de SEPARACIÓN DE FASES es lo que diferencia a los distintos sistemas de elaboración. Como es conocido, existen dos métodos fundamentales: el de presión y el de centrifugación, antes de los cuales puede hacerse la extracción parcial.

En el sistema de prensas se hace, en primer lugar, la separación de la fase sólida y a continuación se procede a la separación de las fases líquidas: aceite y alpechín. Esta separación de líquidos puede hacerse por decantación, centrifugación vertical o combinando ambos sistemas.

En el sistema de centrifugación, como más adelante se tratará, siempre se produce una separación de tres fases en el decánter: la sólida, la líquida alpechín y la líquida aceite. Sin embargo, mientras en la denominada centrifugación en tres fases las distintas fases salen separadas, en el ecológico o de dos fases o salidas, las fases sólida y la líquida alpechín salen juntas, y separadas de la de aceite. En cualquier caso es necesario una purificación de los líquidos, para lo que se utilizan las centrifugas verticales.

Esquemáticamente, el proceso es el siguiente:



Por supuesto la cantidad y humedad de los subproductos, y su poder contaminante, varían según sea el sistema de separación de fases utilizado. En el cuadro nº 1 se dan unos valores medios:

Cuadro nº 1.
VALORES DE SUBPRODUCTOS SEGÚN SISTEMA DE ELABORACIÓN

	PRESIÓN	CENTRIFUGACIÓN 3F	CENTRIFUGACIÓN 2F
Orujo (kg/Tm aceituna)	350	500	800
Humedad orujo %	25	48	55
Alpechin (kg/Tm aceituna)	600	1.200	250
Humedad alpechin %	86	90	99
D.Q.O. (ppm) del alpechin	100.000	80.000	10.000

En general, el sistema de centrifugación tiene la ventaja, frente al de prensas, de menores necesidades de mano de obra al tiempo que se producen aceites de menor acidez. Los inconvenientes son las mayores necesidades energéticas, y el menor valor de los orujos producidos. Los inconvenientes de mayor consumo de agua y mayor producción de alpechín son los que pretende resolver el sistema ecológico.

El ALMACENAMIENTO del aceite también ha experimentado sustanciales mejoras. Aunque aún subsisten los grandes depósitos aéreos, son numerosas las bodegas que se han modernizado introduciendo el acero inoxidable en depósitos de capacidad tal que permitirían la separación de calidades.

Recientemente, la legislación y las ayudas oficiales han propiciado la instalación de numerosas plantas para el ENVASADO del aceite de oliva virgen extra. En general, estas plantas son de pequeñas dimensiones y abastecen poco más que el autoconsumo, pero han contribuido al desarrollo de la comercialización de este tipo de aceite envasado.

2. LA CENTRIFUGACIÓN EN LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE OLIVA

2.1. TEORÍA DE LA CENTRIFUGACIÓN

Aunque en la publicación "Elaboración de aceite de oliva de calidad", un capítulo específico se ocupa de la extracción por centrifugación (págs. 89 a 98), es conveniente hacer un breve recordatorio que permita explicar con mayor claridad el fundamento y funcionamiento de un sistema de elaboración de aceite de oliva basado en la centrifugación, tanto en tres como en dos fases.

La fuerza centrífuga es aquella que tiende a separar de su eje de rotación a un cuerpo sometido a un giro. Por ejemplo, cuando un coche toma una curva a gran velocidad, los ocupantes, por efecto de la fuerza centrífuga, tienden a desplazarse en sentido contrario al de la curva. En el caso de la extracción de aceite, el coche sería el decánter o centrifuga horizontal y los ocupantes representarían a la masa de aceituna.

La expresión matemática de la fuerza centrífuga es:

$$F_c = m \cdot \omega^2 \cdot r = m \cdot \left(\frac{2 \pi n}{60} \right)^2 \cdot r$$

donde:

F_c = Fuerza centrífuga.

m = Masa del elemento a centrifugar.

ω = Velocidad angular.

r = Radio del cilindro.

n = N.º de revoluciones por minuto (r.p.m.) del cilindro que gira.

Para aclarar conceptos, pueden servir una serie de ejemplos:

a) Cuanto mayor sea la masa del elemento a centrifugar mayor será la fuerza centrífuga generada.

La masa, en igualdad de volumen, es proporcional a la densidad, lo que viene reflejado por la fórmula:

$$m = v \cdot d$$

en donde:

m = masa

v = volumen.

d = densidad.

Si se dispone de tres bolas del mismo tamaño, una de plomo, otra de acero y la **tercera** de madera y desde la misma altura se dejan caer sobre un lecho de arcilla, la que más profundizará será la de plomo por ser la más pesada, al tener mayor densidad, y la que menos, la de madera, por ser más ligera. En realidad las fuerzas originadas han sido proporcionales a las densidades.

b) Cuanto más alto sea el régimen de giro -número de revoluciones por minuto (r.p.m.), mayor será la fuerza centrífuga.

Si se gira en una pista circular con un vehículo, cuanto mayor sea la velocidad del coche, o lo que es lo mismo mayor número de giros por unidad de tiempo (r.p.m.), mayor es la fuerza que tiende a desplazar a los ocupantes: ha aumentado la fuerza centrífuga.

c) Finalmente, a medida que aumenta el radio del cilindro que gira, crece la fuerza centrífuga generada.

Cuanto mayor sea la longitud de la cuerda de una honda, girando al mismo número de vueltas, mayor será la fuerza centrífuga que actúa sobre la piedra, y más se alejará ésta.

Suponiendo un decánter determinado, la fórmula se simplifica notablemente al ser fijo el número de r.p.m. y el radio del decánter, o sea considerando ambos factores como constantes.

Queda pues:

$$F_c = m \cdot k_1 = v \cdot d \cdot k_1 = k_2 \cdot d$$

$$\mathbf{F_c = k_2 \cdot d}$$

Es decir, la fuerza centrífuga originada en un decánter es proporcional a la densidad del elemento centrifugado.

Al centrifugar tres elementos a la vez, cuyas densidades son d_1 , d_2 y d_3 , se formarán tres coronas circulares en la separadora, cuyos radios son proporcionales a las fuerzas centrífugas originadas que, como se vela anteriormente, son proporcionales a las densidades de los distintos elementos.

En el gráfico nº 1-(A) se representan las tres coronas, con los radios proporcionales a las fuerzas centrífugas.

$$F_{c1} > F_{c2} > F_{c3}, \text{ o lo equivalente, } d_1 > d_2 > d_3$$

La masa de aceituna que se trata de centrifugar no es un cuerpo homogéneo, sino una mezcla de tres elementos: orujo, alpechín y aceite.

El elemento más pesado es el orujo ($d = 1,2$), el menos, el aceite ($d = 0,915$). El alpechín o jamila tiene una densidad intermedia ($\bar{u} = 1,08$).

Al introducir una masa de aceituna en una centrifuga horizontal que gira a un número determinado de vueltas y con un radio de giro fijo (el del cilindro de la centrifuga) se producirán fuerzas de distinta intensidad, en función de las densidades de los componentes de la masa.

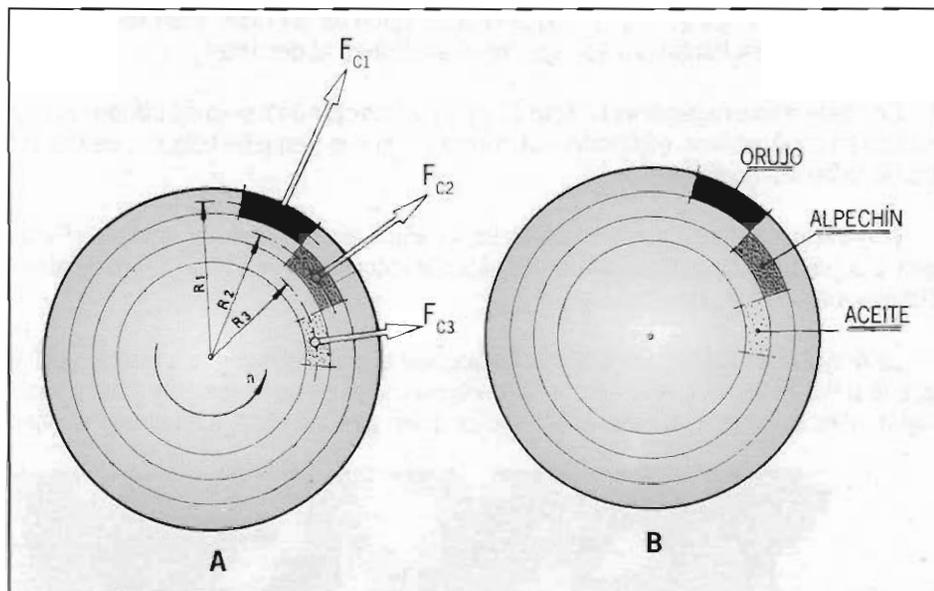


Gráfico 1. Separación en 3 partes (fases), aceite, alpechín y orujo, en la centrifugadora horizontal debido a la fuerza de giro de la misma.

La fuerza mayor será la que actúa sobre el orujo, que es el más pesado, y la menor, la que actúa sobre el aceite, que es el más ligero.

Por tanto, el cuerpo que más se alejará del eje de rotación de la centrifuga horizontal, y que queda más pegado a la pared, será el **orujo**. Después se formará una capa intermedia constituida por el **alpechín**, y finalmente, se formará una corona circular más próxima al eje de rotación y más separada de la pared del cilindro que estará constituida por la fase menos pesada, el **aceite** (gráfico nº 1) (B).

En consecuencia, tanto en el sistema de dos fases como en el de tres, se separan tres fases:

- Sólida (orujo).
- Líquida pesada (alpechín) y

- Líquida ligera (aceite)¹

La diferencia fundamental es el espesor de la fase alpechín. En efecto, en el de dos fases, la pasta no se fluidifica con una cantidad importante de agua y, por tanto, el espesor de la fase alpechín es notablemente menor que en el de tres fases.

2.2. DESCRIPCIÓN DEL DECÁNTER. FUNCIONAMIENTO

El elemento mecánico que produce la separación de las fases y la evacuación de los productos resultantes (orujo, alpechín y aceite) es el decánter.

Consiste esquemáticamente (foto 1) en un bol o rotor en forma de cilindro tronco-cónico en cuyo interior, adaptado a su forma y con una pequeña holgura, se encuentra un sinfín hueco (foto 2).

El movimiento de ambos elementos los produce el mismo motor, aunque el sinfín gira a un número de vueltas diferentes al bol o rotor. Esto se consigue mediante un sistema de poleas y correas.

La mayoría de los fabricantes, hacen que sea el sinfín el que gire a menos vueltas que el bol o rotor. Por ello, se considera en las siguientes líneas este caso, aunque algún fabricante hace que sea el bol o rotor quien gire a menos vueltas que el sinfín.

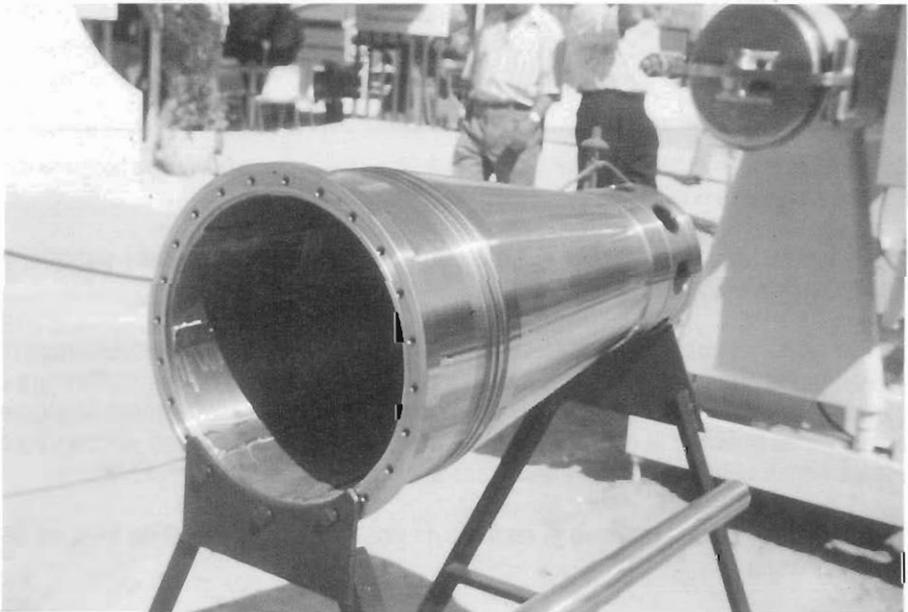


Foto 1. Bol o rotor de decánter

1. Por tanto, la denominación de 2 fases es incorrecta. Sería más conveniente llamarlo de dos salidas.

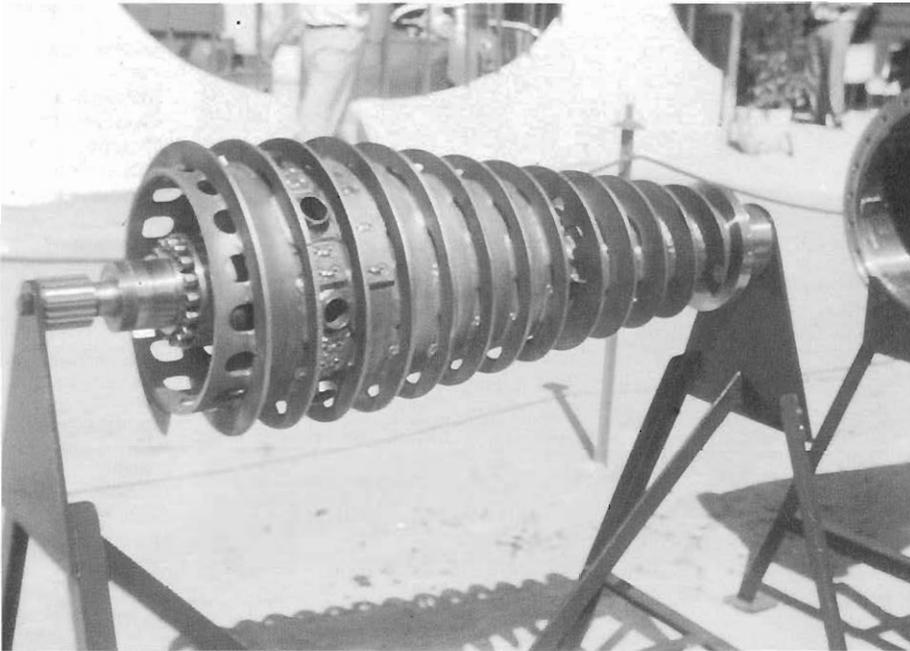


Foto 2. Sinfín del decánter.

El sentido de giro de ambos elementos es el mismo, pero debido a la diferencia de vueltas existentes, menor en el sinfín, se produce un movimiento relativo en la periferia de éste, que consigue desplazar a los sólidos en sentido inverso al de avance del paso de hélice. Por contra, los líquidos, que no están en contacto con el bol, son empujados por el sinfín en el sentido del paso de hélice. Lógicamente, cada firma tiene su peculiar forma de conjugar la entrada de masa y el sentido del avance del sinfín, y las salidas de las fases.

La masa de aceituna, fluidificada (3f) o sin fluidificar (2f) se inyecta en el interior del tornillo sinfín por medio de un conducto o caña, y gracias a la fuerza centrífuga se separan las fases.

El punto en que la caña descarga la pasta de aceituna en el decánter puede ser regulado, obligando a acortar o alargar los recorridos respectivos de las fases líquidas o sólidas.

En los gráficos 2 y 3 pueden verse esquemas de decánter de tres fases.

Si se dispone de dos salidas de líquidos a alturas convenientemente fijadas, estaremos en un sistema de tres fases o salidas (dos de líquidos -una de aceite y otra de alpechin- y una de sólidos). Si sólo se dispone de una salida de líquidos estaremos en un sistema de dos fases o salidas (una de líquidos -aceite- y otra de sólidos). En este caso la fracción alpechin (relativamente poco abundante) sale con el orujo. Esquemá-

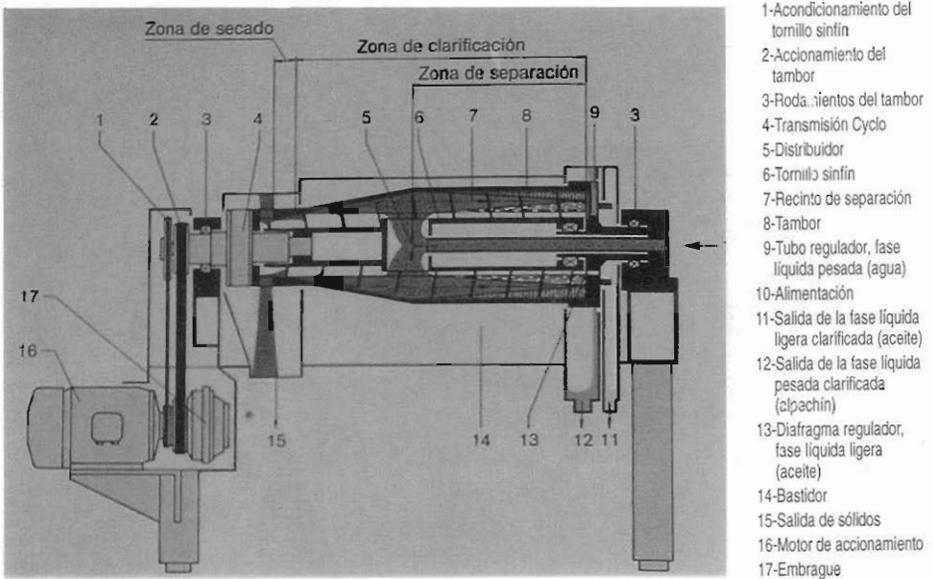


Gráfico 2.- Esquema del decánter (cortesía Westfalia).

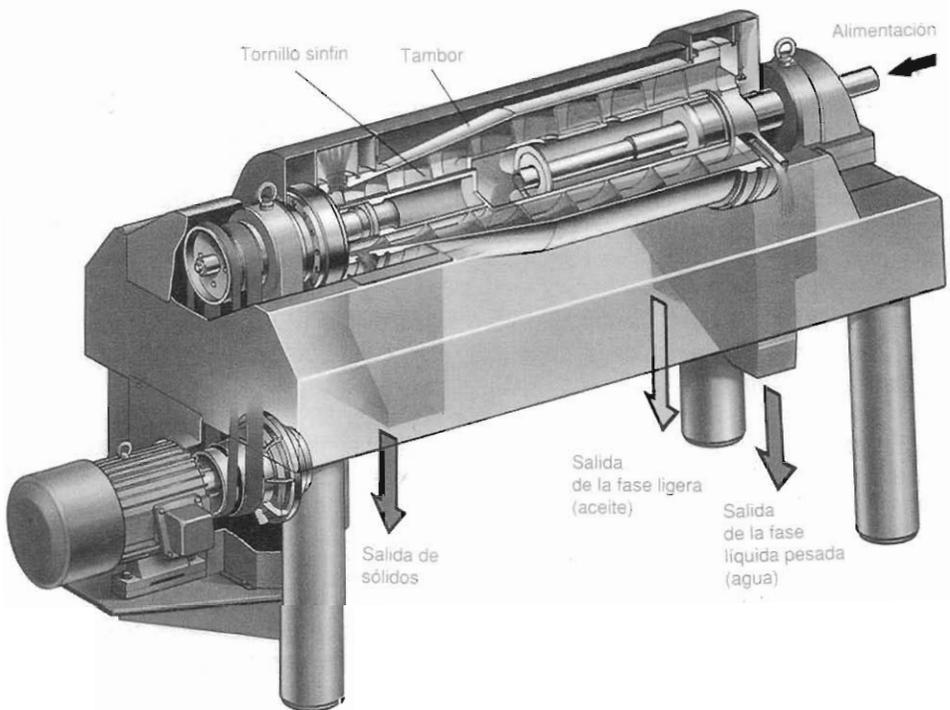


Gráfico 3.- Esquema del decánter de tres fases

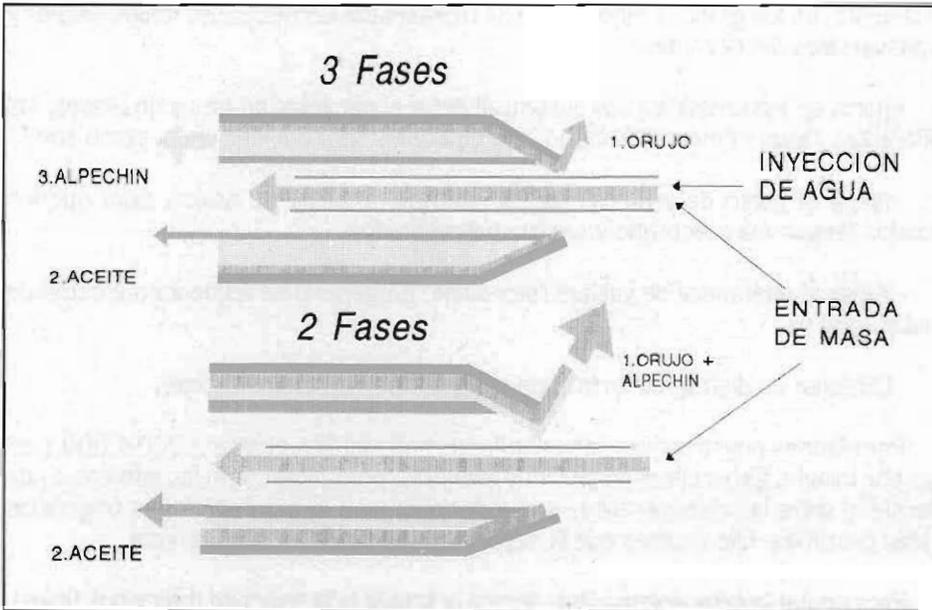


Gráfico 4.- Esquema sección longitudinal decánter.

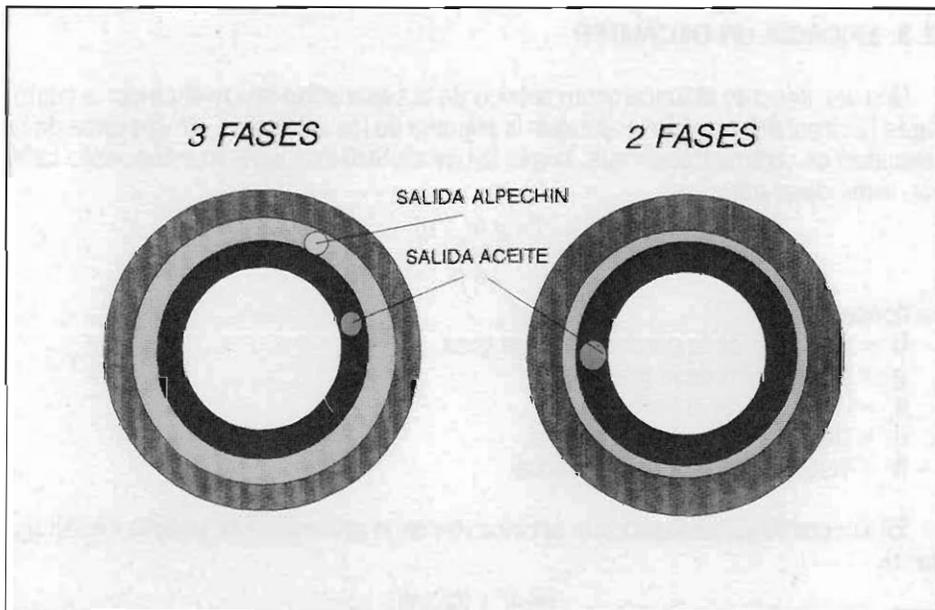


Gráfico 5.- Esquema sección transversal decánter.

ticamente, en los gráficos núms. 4 y 5 se representan las secciones longitudinales y transversales del decánter.

Aparte de esta modificación sustancial entre el decánter de tres y dos fases, las diferentes casas comerciales introducen otra serie de modificaciones, como son:

- Alejar el punto de inyección de la caña, de la salida de orujos, para que los sólidos tengan más recorrido y salgan más agotados.

- Variar el diferencial de vueltas rotor-sinfín. En general se aumenta a efectos de evitar atascos.

- Disponer un diafragma en la zona cónica, para contener el aceite.

Por razones constructivas, las centrifugas horizontales giran a 3.000-4.000 vueltas por minuto. Estas cifras no son muy elevadas; por tanto, como las diferencias de densidad entre las distintas fases son reducidas, las fuerzas centrífugas originadas están próximas. Ello acarrea que la separación de fases no sea perfecta.

Para agotar la fase alpechín (tres fases), y limpiar la fase aceite (tres y dos fases), es necesario someter estos líquidos a fuerzas centrífugas más elevadas que las conseguidas en las centrifugas horizontales. Dado que la diferencia de densidad no es grande, la mejor fórmula es incrementar el número de vueltas; esto se consigue en las centrifugas verticales que trabajan a 6.000-7.000 r.p.m..

2.3. EFICACIA UN DECÁNTER

Una vez descrito el fundamento teórico de la separación en los decánter o centrifugas horizontales, conviene estudiar la eficacia de los mismos. Esto depende de la velocidad de sedimentación que, según la Ley de Stokes y para un movimiento laminar, viene dada por:

$$v = \frac{D^2 g (d_s - d)}{18 \beta}$$

en donde:

D = Diámetro de la partícula o de la gota.

g = Aceleración de la gravedad.

d_s = Densidad de la partícula.

d = Densidad de la fase continua.

β = Viscosidad de la fase continua.

En la centrifuga sustituimos la aceleración de la gravedad por la de la centrifuga ($\omega^2 r$).

$$v = \frac{D^2 \omega^2 r (d_s - d)}{18 \beta}$$

El cociente V/v , adimensional, recibe el nombre de G y su expresión es:

$$G = \omega^2 \cdot r/g$$

La capacidad separadora de una centrifuga, puede medirse por el nº de G . Normalmente oscilan entre 2 y 3.000 G .

Otra forma en la que puede medirse la capacidad de separación en una centrifuga tubular, es por el llamado "VALOR SIGMA" (Σ)

El "Valor Sigma" tiene dimensiones de un área y representa, teóricamente, "la superficie de un tanque de sedimentación por gravedad, cuya eficacia es igual a la obtenido con la centrifuga". Su expresión matemática viene dada por:

$$\Sigma = \frac{\omega^2 \pi L (R_3^2 R_1^2)}{g I_n (2R_3^2 / (R_3^2 + R_1^2))}$$

En donde ω = velocidad angular del bol.

Para un decánter cilindrico-cónico como el del gráfico nº 6 el "Valor Sigma" viene dado por:

$$\Sigma = \frac{\omega^2 \pi (L_1 (3R_3 / 2 + R_1 / 2) + L_2 (R_3^2 + 3R_3 R_1 + 4 R_1^2) / 4)}{g}$$

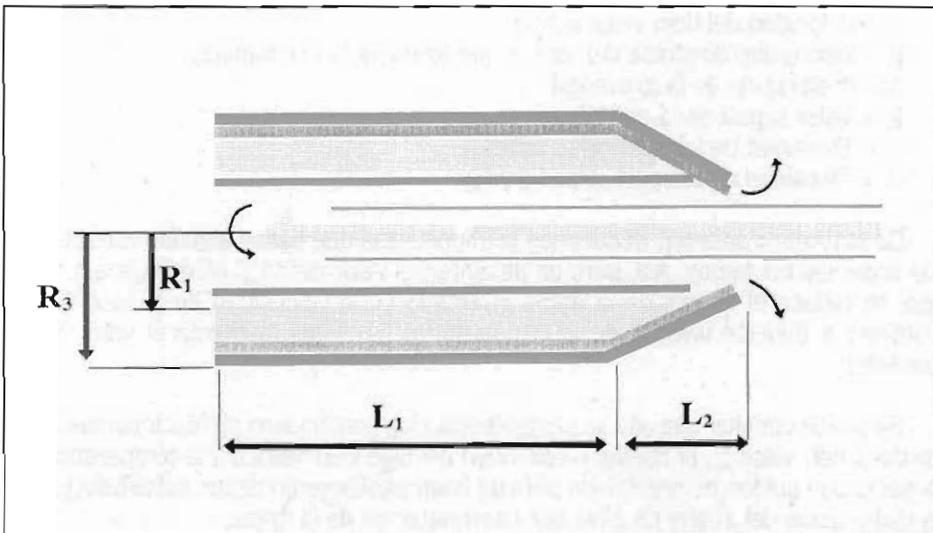


Gráfico 6.

A esta fórmula teórica deben de aplicarse dos coeficientes:

$$K_1 = 0,94.$$

$$K_2 = 0,67.$$

$$K_1 = f(\text{volumen que ocupa el sinfín}).$$

$$K_2 = f(\text{volumen que ocupa el sedimento sólido}).$$

Por tanto el valor Σ es función de la velocidad angular del bol, de su longitud y su diámetro.

Trajabando en dos fases, el R. Graso/seco de los orujos de 5 almazaras que tenían decánter con relación longitud/diámetro superior a 4 fue de 6,19%, mientras el de otras 5 almazaras que tenían los decánter con la relación inferior a 3,5 resultó ser de 7,19%.

Teniendo en cuenta el valor Σ de un decánter, fijo para una centrífuga concreta, y haciendo abstracción de las demás circunstancias, la probabilidad de que una partícula sólida se deposite en la pared de un bol, es mayor cuanto mayor sea su "diámetro de stokes".

Si denominamos d_{50} el "diámetro de stokes" de las partículas cuyo tamaño les proporcione una probabilidad del 50% de depositarse sobre la pared del bol y considerando la suspensión suficientemente diluida para que no existan interacciones entre partículas sólidas, tenemos:

$$d_{50}^2 = \frac{9 Q \beta}{g \Sigma (d_s - d_l)}$$

en donde:

Q = Velocidad del flujo volumétrico.

β = Viscosidad dinámica del líquido que forma la fase continua.

g = Aceleración de la gravedad.

Σ = Valor sigma de la centrífuga.

d_s = Densidad de las partículas sólidas.

d_l = Densidad de las partículas líquidas.

De la fórmula anterior, deducimos la importancia que tienen algunas variables en los sistemas continuos. Así, para un decánter, el valor del " d_{50} " disminuye a medida que se reduce el caudal de la masa inyectada Q , la viscosidad de la fase líquida continua β (función inversa de la temperatura), y cuando aumenta el valor Σ del decánter.

Se puede concluir que una vez establecidas las condiciones de funcionamiento de un decánter, valor Σ , el caudal o velocidad del flujo volumétrico y la temperatura de la pasta son puntos de regulación para un buen agotamiento de los subproductos en la elaboración del aceite de oliva por centrifugación de la masa.

3. COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS CONTINUOS DE DOS Y TRES FASES

A nivel comercial, los sistemas continuos para la extracción de aceite de oliva, aparecidos en España a principios de los años sesenta, eran de tres salidas (a nivel experimental también se ensayaron los de dos fases), alcanzando gran difusión en la industria almazarera. Sin embargo, su funcionamiento implica dos condicionantes:

- Producción importante de alpechín (1 a 1,2 l. por kg. de aceituna) con un alto poder contaminante.
- Alto consumo de agua (de fluidificación de la pasta y de lavado de aceites) evaluable en 0,7-0,8 l. por kg. de aceituna.

Con el objetivo fundamental de hacer frente a esos dos inconvenientes, han aparecido comercialmente los sistemas continuos llamados de dos fases, dos salidas o ecológicos, en los que, como ya hemos comentado, el elemento básico diferenciados es el decánter, en el que se anulan las salidas del alpechín y se aumenta la distancia al eje del bol, de la salida del aceite.

En el gráfico nº 7 se esquematizan los sistemas de elaboración en continuo de dos y tres fases.

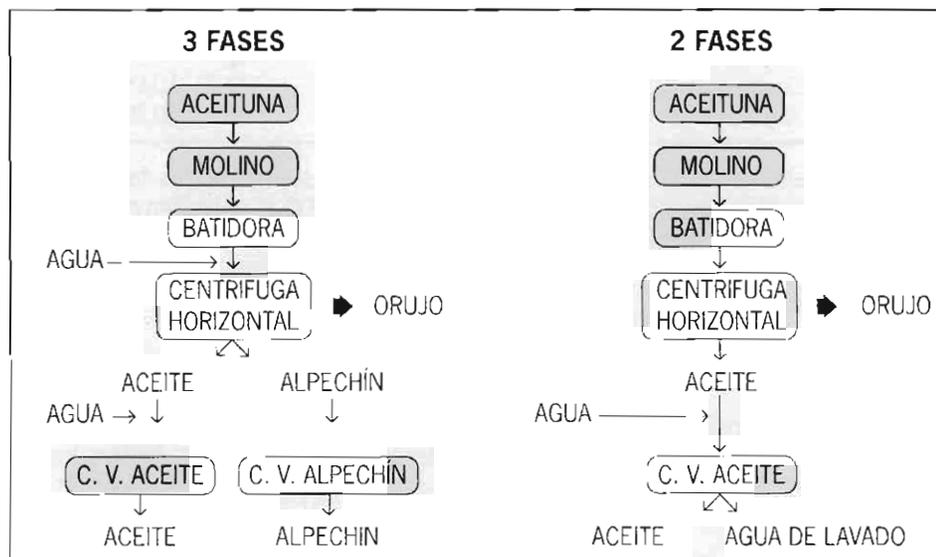


Gráfico 7.

3.1. LAS VENTAJAS DEL SISTEMA DE ELABORACIÓN EN 2 FASES SE PUEDEN RESUMIR COMO SIGUE:

1. Ahorro de agua, al quedar casi totalmente suprimida la de adición al decánter. En una primera aproximación, podemos evaluar este ahorro en 0,5 l. de agua por kg. de aceituna.

2. Menor inversión, ya que las necesidades de centrifugas verticales para los alpechines se reducen en gran medida. Por otro lado, la caldera de calefacción puede ser de menor potencia.

3. Ahorro energético: Al no tener que calentar el agua de inyección al decánter, no consumir energía eléctrica en el funcionamiento de la C.V. de alpechín, etc. En principio, puede estimarse este ahorro en 0,20 Ptas./Kg. de aceituna molturada.

4. Producción muy reducida de alpechín, con escaso poder contaminante. Esta es, sin duda, la principal ventaja que aporta el sistema. Realmente, no se produce alpechín, sino un efluente que es el agua de lavado. Las características se reflejan en el cuadro nº 2.

Cuadro nº 2.
VALORES DE EFLUENTES DE SISTEMAS CONTINUOS DE DOS Y TRES FASES

	AGUA DE LAVADO 2F	ALPECHÍN 3F
Producción (kg. por 100 kg. de aceituna)	25	120
Humedad %	99,00	90,00
Grasa %	0,04	0,45
Azúcares R. %	-	2,80
Polifenoles (p.p.m.)	2.500	10.000
D.Q.O.* (p.p.m.)	10.000	80.000

Como puede verse, la reducción de efluente en el sistema de dos fases es del orden del 80% y la reducción del poder contaminante (D.Q.O.)* del orden del 90%. En estas condiciones es mucho más viable la depuración de este nuevo vertido. Estos datos coinciden sustancialmente con los obtenidos por el Instituto de la Grasa (SIO de Reus 1994).

3.2. Los inconvenientes del Sistema de dos fases se pueden sintetizar en:

1. Manejo y aprovechamiento del orujo: El orujo obtenido en el sistema de dos fases tiene unas características netamente diferenciadas al obtenido en tres fases. En el cuadro nº 3 se exponen las características de los orujos obtenidos por ambos sistemas.

* D.Q.O.: Demanda Química de Oxígeno.

Cuadro nº3.
VALORES DE ORUJOS DE SISTEMAS CONTINUOS DE DOS Y TRES FASES

	2 FASES	3 FASES
Producción (kg. por 100 kg. de aceituna)	80	50
Humedad %	55	48
Grasa %	3,00	3,40
Azúcares R. %	4,80	2,00
Polifenoles (p.p.m.)	23.000	10.000
N% (sobre seco)	0,80	0,50
P% (sobre seco)	0,25	0,12
K% (sobre seco)	1,80	0,50

* D.Q.O.: Demanda Química de Oxígeno.

Es conveniente llamar la atención sobre algunos aspectos importantes:

a) La producción de orujo en dos fases es un 60% mayor que en tres fases, debido a la mayor humedad que tiene (55% frente a 48%) y a que toda la materia seca que iba en los alpechines de tres fases, en el de dos fases, lo hace en el orujo.

b) El contenido en azúcares reductores es más del doble que en el sistema de tres fases. Esto, unido a que los sólidos "finos" y los solubles que iban en el alpechín en tres fases, van en el orujo, en el de dos fases, hace que la consistencia de este orujo sea totalmente diferente.

En el capítulo correspondiente a los subproductos, profundizaremos en el tema.

2. Escasos controles visuales en el manejo de la almazara, al desaparecer determinadas referencias que en el tres fases eran esenciales (tamices de alpechines y salidas de la C.V. de alpechines).

3. Adecuación del manejo de las máquinas a frutos con diferentes características, al quedar suprimido un elemento importante de regulación como es el agua de inyección.

En efecto, cuando se ha tratado la teoría de la centrifugación, se ha dicho que, al no fluidificar la pasta en el sistema de dos fases, el espesor de la fase alpechín es notablemente menor que en el de tres fases. Cuando la aceituna tiene poca humedad, el espesor de esta fase alpechín puede ser muy reducido, y se corre el riesgo de que parte de la fracción aceite pueda ser arrastrada con el orujo (ver gráfico nº 4).

Este es un aspecto en que existen importantes diferencias entre los dos sistemas. En tres fases, como han puesto de manifiesto algunos autores (Ranalli, Giocacchino), y casi todos los almazareros tienen experiencia, aceitunas de alta humedad son más difíciles de trabajar, obteniéndose mayores pérdidas globales de aceite en los subproductos. En la elaboración de estos frutos suelen ofrecer buenos resultados el uso de coadyuvantes tecnológicos (talco o enzimas).

En dos fases, las aceitunas de alta humedad ofrecen menos problemas en su elaboración salvo si se presentan pastas difíciles, y también suelen ofrecer buenos resultados el uso de coadyuvantes tecnológicos. Sin embargo, las pérdidas de aceite en los subproductos pueden ser mayores con frutos de baja humedad. En el gráfico nº8 puede verse la subida de R. Graso/seco de los orujos de dos fases conforme disminuye la humedad de la aceituna y por consiguiente la del orujo (lo que significa que la fase alpechín es más estrecha).

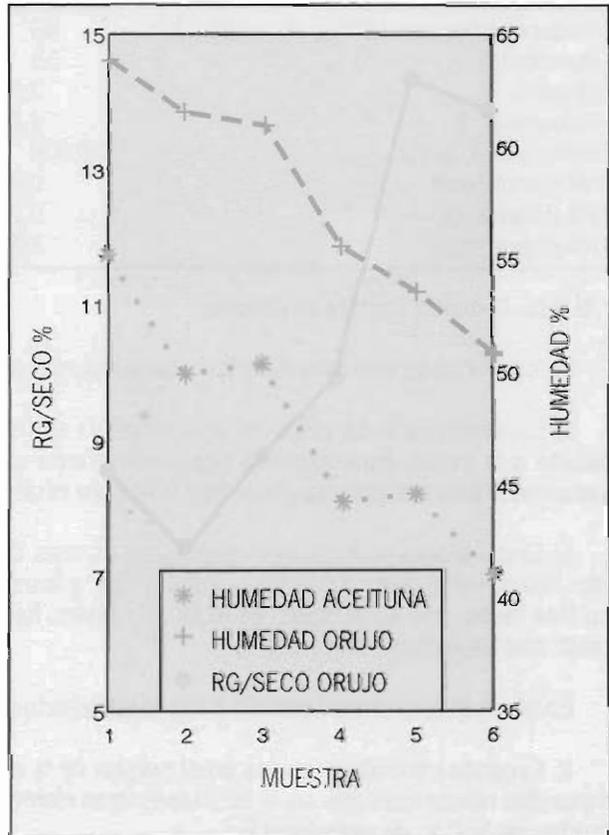


Gráfico 8.- Relación entre humedad (aceituna y orujo) y Rg/seco orujo 2 fases.

Este es un factor a tener en cuenta en el funcionamiento del sistema continuo en dos fases, como se verá en los capítulos correspondientes.

En este análisis de ventajas e inconvenientes, quedan dos puntos esenciales, como son el rendimiento industrial y la calidad del aceite obtenido.

3.3. RENDIMIENTO INDUSTRIAL

¿Se consigue más o menos aceite con el sistema de dos fases? ¿Hay diferencias de pérdidas de aceite en los subproductos? Para responder a esta pregunta, hay que analizar las pérdidas de aceite que se producen en el sistema de tres fases. En una aceituna tipo, de la variedad Picual, siempre y cuando se trabaje con un cierto esme-

ro, puede estimarse la producción y características de los subproductos como sigue:

Orujo:

Producción: 49-51 kg. por 100 kg. de aceituna.

Humedad: 47-50%.

R. Graso sobre húmedo: 2,9-3,3%.

R. Graso sobre seco: 5,47-6,60%.

Alpechin:

Producción: 100-110 kg. por 100 kg. de aceituna.

Humedad: 90-92%.

R. Graso sobre húmedo: 0,25-0,45%.

Descargas de las Centrifugas verticales (aceite y alpechin):

Grasa: 0,25-0,30 kg. de aceite por 100 kg. de aceituna.

Ello nos daría unas pérdidas de grasa de 1,90 a 2,45 kg. de aceite por cada 100 kg. de aceituna (no se consideran otras pérdidas, debidas al lavado de la aceituna, atrojado, etc.)¹.

En el sistema de dos fases, hay un solo subproducto importante, y la inmensa mayoría de las pérdidas de aceite que se produzcan irán en este, por lo que el contenido graso del orujo, expresado sobre materia seca (R. Graso/seco) es un buen parámetro para cuantificar las pérdidas en el proceso. En efecto, la producción y características del resto de los efluentes en el sistema de dos fases son:

Agua de lavado de aceites:

Producción: 20-25 kg. por 100 kg. de aceituna.

Humedad: 99- 99,8%.

Rg. Graso sobre húmedo: 0,02-0,1%.

Descargas de la Centrifuga Vertical (aceite):

Grasa: 0,15-0'20 kg. aceite por 100 kg. aceituna.

1. Los datos medios de 13 almazaras, trabajando en tres fases con frutos de la variedad Picual, durante 3 campañas, se reflejan en el cuadro siguiente:

Producto	% Humedad	% Rg Graso/Húmedo	% Rg Graso/Seco	nº de muestras
Aceituna	45,19	23,63	43,11	122.526
Orujo	47,75	3,39	7,09	800
Alpechin:	90,28	0,46	4,73	808

Ello nos daría pérdidas medias, en los supuestos de producción utilizado (orujo: 49-51 kg./100 kg. aceituna, Alpechin: 100-100 kg./100kg. aceitunas y descargas: 0,25-0,30 kg./100 kg. aceituna), de 2,35 a 2,55 kg. de aceite por 100 kg. de aceituna.

La suma de estos dos conceptos, nos daría unas pérdidas de grasa de 0,15 a 0,25 kg. de aceite por cada 100 Kg. de aceituna.

En consecuencia, para que el sistema de dos fases sea neutro respecto al de tres fases, las pérdidas que podrían producirse en el orujo deberían estar comprendidas entre 1,75 y 2,20 kg. de aceite por 100 kg. de aceituna, lo que referido a materia seca del orujo nos daría un intervalo de 5,60-7,10%. Este intervalo del 5,6-7,10% del Rg Graso/seco del orujo, es el que debe servir de referencia de buen funcionamiento del sistema de 2 fases¹.

Se ha hecho un seguimiento de dos almazaras trabajando en dos fases con aceituna de la variedad Picual y los resultados se recogen en el cuadro nº 4. Como puede verse, entran dentro del intervalo de referencia.

Cuadro nº 4
DATOS MEDIOS DE ORUJOS OBTENIDOS EN
CENTRIFUGA HORIZONTAL DE DOS FASES

	% Humedad	Rg. Hdo.	Rg./Seco
Almazara 1			
Periodo 1-21 diciembre	61,07	2,33	6,04
Periodo 26 dic. - 8 enero	55,73	2,75	6,21
Periodo 8-31 enero	51,08	3,34	6,82
MEDIA	55,99	2,81	6,38
Almazara 2			
Periodo 19 dic. - 10 enero	56,83	2,76	6,39
Periodo 11-31 enero	54,25	3,21	7,02
MEDIA	55,83	2,93	6,64

En la campaña 93/94 se realizó el seguimiento diario de 25 almazaras trabajando en dos fases con aceituna Picual (gráfico nº 9). Las conclusiones más destacadas son las siguientes:

- El R. Graso/seco medio del orujo de las 25 almazaras ha sido del 6,69%, comprendido en el intervalo de referencia de un buen funcionamiento.
- El R. Graso/seco de 14 almazaras (56%) ha estado por debajo del 7% y sólo 4 almazaras (16%) han estado por encima del 7,4%.

En resumen, y a nivel de los dos años en que se tiene experiencia, puede afirmarse que, en la variedad Picual, no existen pérdidas adicionales en la elaboración en dos fases frente a la tradicional en tres fases. Incluso, el hecho que 6 almazaras

1. Utilizando los datos medios de las 13 almazaras, los valores del Rg. Graso/seco de los orujos de 2 Fases, deberían estar comprendidos entre 7,10 y 7,40% para que el sistema fuese neutro.

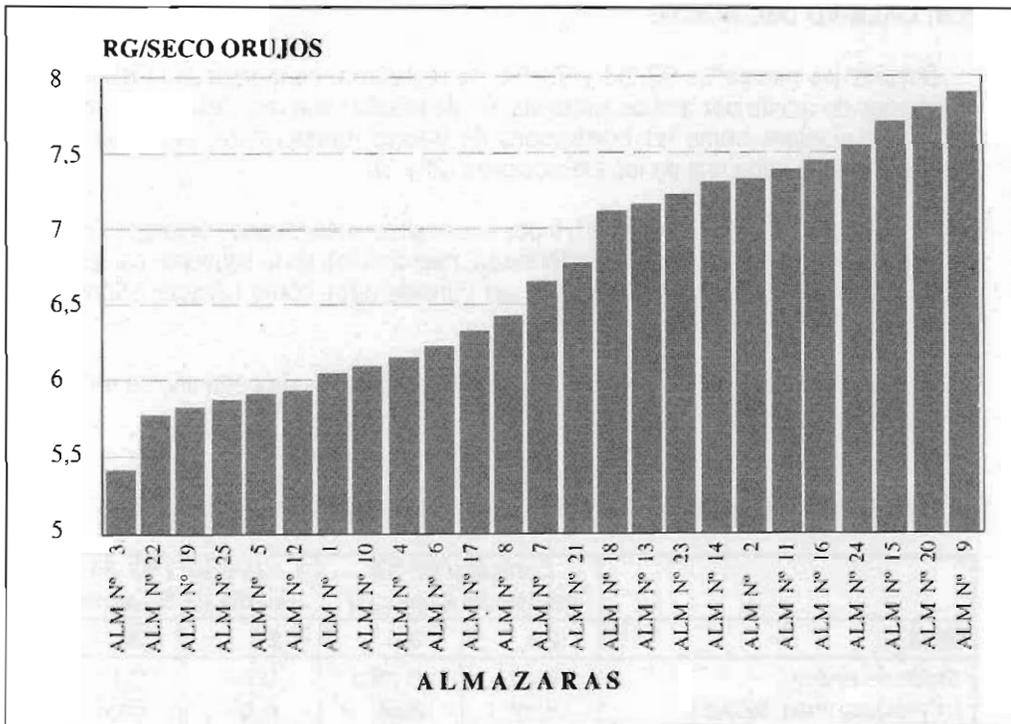


Gráfico 9.- Valores medios Rg/seco orujos de 2 fases de 25 almazaras. Var. Picual

(25%) tengan un R. Graso/seco del orujo inferior al 6% indica las posibilidades que tiene el sistema si se es capaz de hacer un adecuado manejo según el tipo de aceituna presente en cada momento.

La experiencia obtenida por otros autores, trabajando con otras variedades, confirma lo dicho hasta aquí, respecto al rendimiento industrial:

Di Giovacchino (Expoliva 93) ha obtenido, trabajando en dos fases, un rendimiento satisfactorio (86,1% de extractabilidad) incluso superior al proporcionado por el decánter de tres fases (85,5%).

Almirante y col. (Olivae, octubre 93), en un ensayo realizado con las variedades Ogliarola Salentina y Cellina di Nardo, ha obtenido un rendimiento en la extracción superior en el sistema de dos fases (86,1%) frente al tres fases (85,7%).

Alba y Col (Expoliva 93), en un ensayo comparativo con la variedad Picual ha obtenido rendimiento similar (Ubeda) o ligeramente superiores (Luque) trabajando en dos fases. Igualmente, con la variedad Lechín ha obtenido similar rendimiento. Sólo con la variedad Hojiblanca, obtiene un rendimiento favorable al sistema de tres fases, en el ensayo realizado.

3.4. CALIDAD DEL ACEITE

Durante las campañas 92/93 y 93/94, se realizaron, en la variedad Picual, extracciones de aceite por ambos sistemas. Es de resaltar que, en cada época, tanto el tipo de aceituna como las condiciones de trabajo (temperatura, etc.) han sido homogéneas en cada una de las extracciones (2f y 3f).

La campaña 92/93, se caracterizó por sus aceites suaves, poco amargos, y con un bajo contenido en polifenoles y estabilidad, mientras los de la siguiente campaña, 93/94, fueron más normales y pueden ser considerados como característicos de Picual.

Los datos medios de las determinaciones fisicoquímicas de cada año se reflejan en el cuadro nº5.

Cuadro nº 5.
ÍNDICE FÍSICO-QUÍMICO DE ACEITES OBTENIDOS EN DOS Y TRES FASES

ÍNDICE	Campaña 92-93 (media de 4 épocas)		Campaña 93-94 (media de 5 épocas)	
	2F	3F	2F	3F
Grado de acidez	0,29 b	0,39 a	0,17	0,13
I. Peróxidos (meq. O ₂ /kg.)	9,39	8,66	6,15	6,66
K270	0,10	0,09	0,13	0,11
K232	1,42	1,35	1,59	1,46
Polifenoles (ppm. ac. cafeico)	202 a	132 b	590 a	414 b
K225	0,19 a	0,13 b	0,40 a	0,28 b
Estabilidad (h) (100° C)	60,80 a	45,73 b	99,20 a	69,28 b

x = medias con distinta letra, significan diferencia estadística al 5%.

Como puede apreciarse, no existen diferencias en el grado de acidez, I. Peróxidos, K270 y K232. Sin embargo, al no hacerse adición de agua, el contenido en polifenoles es mayor en dos fases, así como los parámetros relacionados con el anterior: K225 (amargor) y estabilidad (resistencia al enranciamiento).

En el cuadro nº 6, se indica la composición en ácidos grasos, esteroides y alcoholes de los aceites obtenidos en la campaña 92-93 en las cuatro épocas por los sistemas de dos y tres fases. Como puede apreciarse, no existen diferencias significativas entre ellos.

Cuadro nº 6.
ÁCIDOS GRASOS, ESTEROLES Y ALCOHOLES DE ACEITES
OBTENIDOS EN DOS Y TRES FASES

ÍNDICE	Dos fases (media 4 épocas)	Tres fases (media 4 épocas)
Ácidos grasos:		
C 14:0 mirístico	0,01	0,01
C 16:0 palmítico	10,22	10,26
C 16:1 palmitoléico	0,92	0,91
C 17:0 margárico	0,05	0,05
C 17:1 margaroléico	0,098	0,098
C 18:0 esteárico	4,22	4,22
C 18:1 oléico	78,94	78,71
C 18:2 linoléico	4,02	4,07
C 18:3 linolénico	0,67	0,67
C 20:0 aráquico	0,38	0,38
C 20:1 gadoléico	0,23	0,23
C 22:0 behénico	0,09	0,09
Isómeros trans:		
C 18:1 T	0,030	0,030
C 18:2 T + C 18:3 T	0,016	0,016
Esteroles:		
Colesterol	0,5	0,5
Brassicasterol	0,2	0,2
Campesterol	3,56	3,58
Estigmasterol	0,854	0,946
Beta-sitosterol	94,97	94,82
Delta-7-estigmaesterol	0,31	0,31
Delta-7-avenasterol	0,29	0,32
Esteroles totales p.p.m.	1.364	1.362
Eritrodiol + uvaol	1,42	1,34
Alcoholes alifáticos p.p.m.		
C 22	17,56	17,42
C 24	24,78	24,00
C 26	43,88	44,10
C 28	13,76	14,56
Alcoholes triterpénicos p.p.m.	815,2	775
Cicloartenol	25,06	25,44
24-metilen-cicloartenol	74,94	74,56

Análisis efectuados por D. José Linares.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros investigadores. Di Giovacchino ha obtenido un aumento de los polifenoles totales del 39%, de o-difenoles

del 58% y de estabilidad del 16%, cuando ha trabajado en dos fases. Análogamente, Almirante y col. ha obtenido aumentos del 44-69% en polifenoles totales, 115-143% en o-difenoles y 25-32% en estabilidad. No han resultado afectados otros parámetros.

Alba y col., en los ensayos comentados, han comprobado también un aumento importante del contenido en polifenoles y de estabilidad, sin variar sustancialmente otros parámetros.

La valoración organoléptica realizada por el método del Panel Test, presenta notables diferencias en cada uno de los años. Así, mientras en la campaña 92/93, (gráfico nº 10) los aceites procedentes de dos fases tienen siempre una puntuación superior y son preferidos a los de tres fases, en la campaña 93/94 (gráfico nº 11) las puntuaciones son muy similares y no hay un criterio de preferencia por uno u otro aceite.

Esto puede ser debido a que, en la primera campaña, hubo importantes diferencias en la intensidad de los atributos, especialmente en el flavor frutado y verde (gráfico nº 12) mientras en la segunda campaña (gráfico nº 13) las diferencias de intensidad en estos atributos han sido muy pequeñas. Se ha mantenido en las dos campañas la mayor intensidad de flavor amargo y picante de los aceites procedentes de dos fases, mientras son más dulces los aceites procedentes de tres fases.

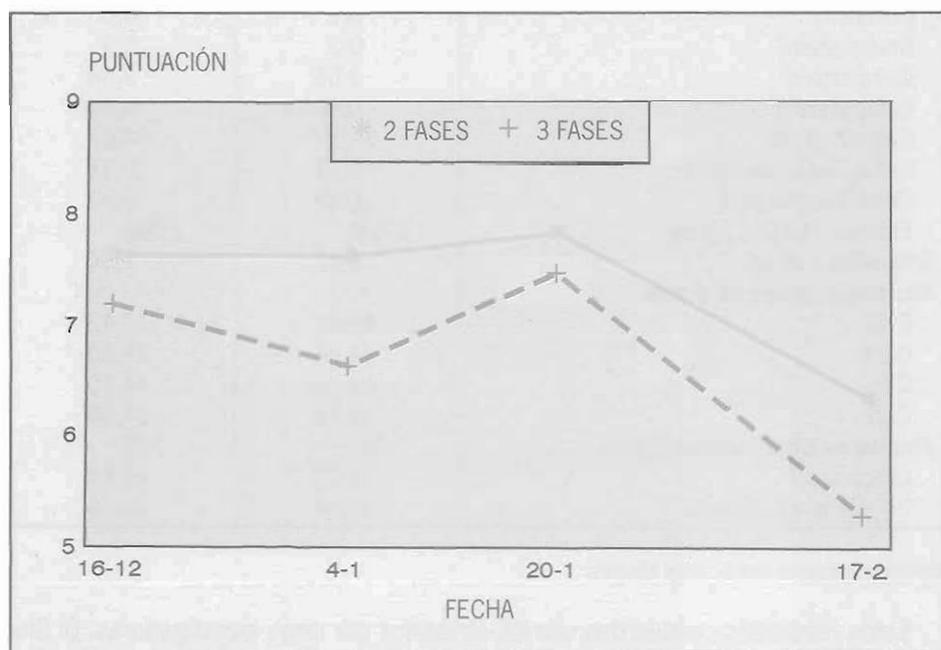


Gráfico 10.- Clasificación organoléptica aceites 2 y 3 fases. Campaña 92/93.

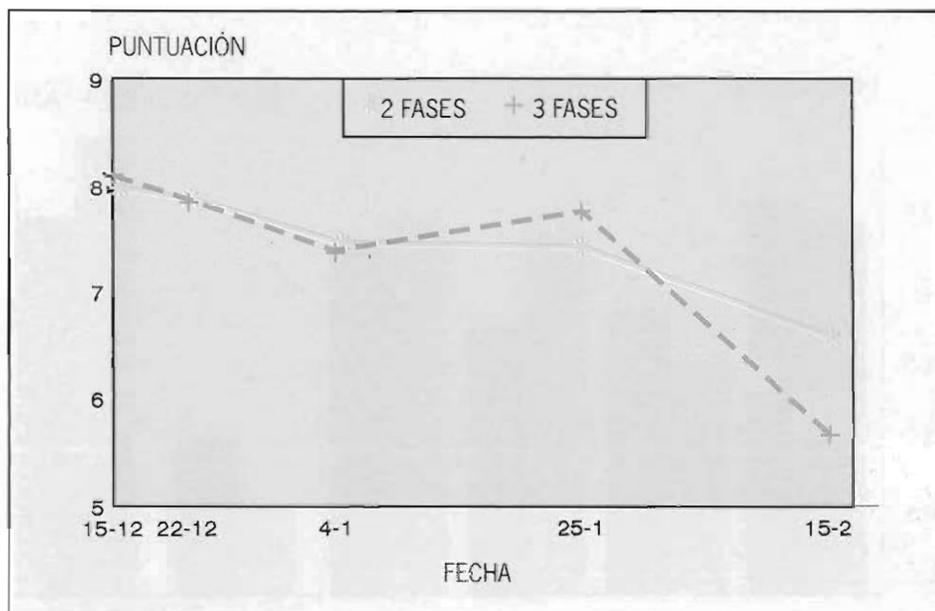


Gráfico 11.- Clasificación organoléptica aceites 2 y 3 fases. Campaña 93/94.

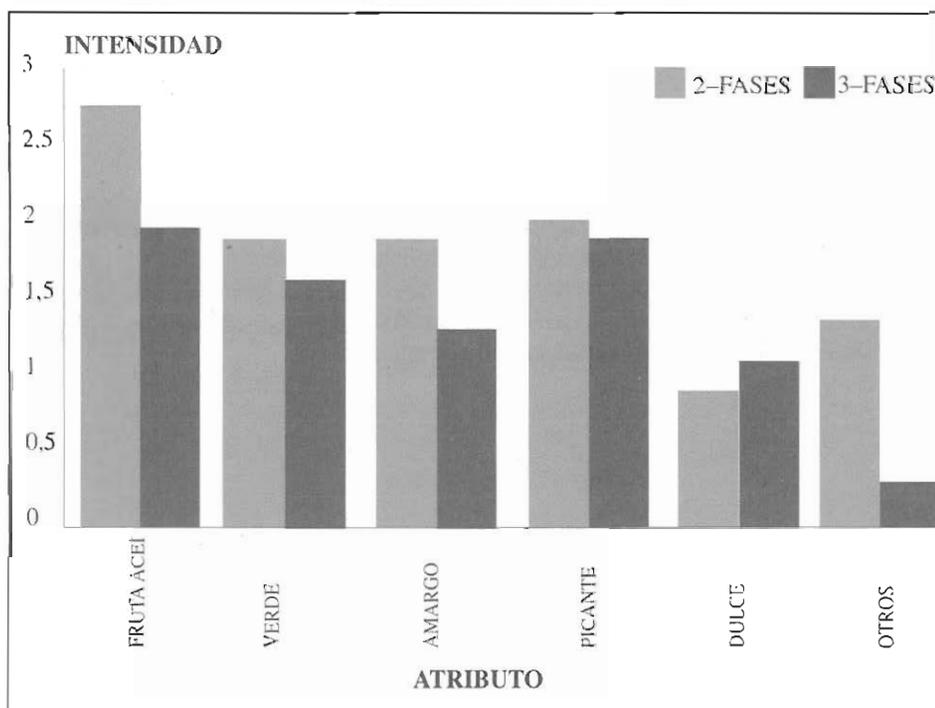


Gráfico 12.- Intensidad media atributos aceites 2 y 3 fases. Campaña 92/93.

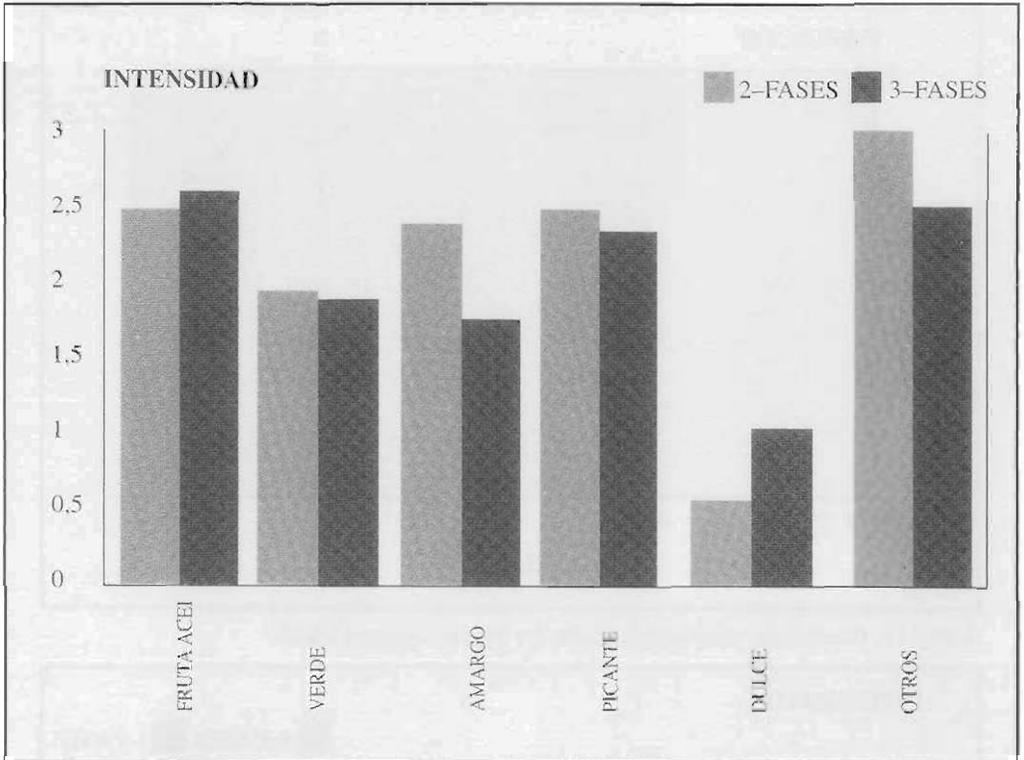


Gráfico 13.- Intensidad media atributos aceites 2 y 3 fases. Campaña 93/94.

Es de destacar que, en los dos años, los aceites de la última época tienen una mayor puntuación cuando se elaboran en dos fases. Como puede apreciarse, la puntuación es inferior a 7, lo que indica la presencia leve de algunos defectos (avinado, sucio, etc.). En estas condiciones, parece que se palia la intensidad de los defectos, cuando se elabora en dos fases. A una conclusión análoga se llegó en un ensayo realizado por el Instituto de la Grasa en la campaña 91/92.

4. CONSIDERACIONES SOBRE LA ELABORACIÓN DE ACEITE DE OLIVA EN UN SISTEMA CONTINUO DE DOS FASES

En este capítulo, se pretende hacer una recapitulación del proceso de elaboración del aceite de oliva, desde el olivo al almacenamiento, haciendo especial hincapié en el sistema de dos fases. Como se indica en el prólogo, se hará una remisión a otras publicaciones para cuestiones de carácter general.

4.1. EL OLIVO

Dentro de los factores que inciden en el proceso de elaboración se encuentran los agronómicos por afectar directamente a la aceituna, primera fábrica de aceite.

4.1.1. Variedad y medio

De cualquier variedad y medio, pueden obtenerse aceites de calidad extra, siempre que procedan de aceitunas sanas, recogidas en el momento oportuno y elaboradas correctamente. Sin embargo, las características de los aceites pueden variar sustancialmente debido a estos factores: los aceites de Arbequina son diferentes a los de Picual. Los de sierra son diferentes a los de campiña (ver publicaciones 1 y 3).

Asimismo, es conocido que la variedad y el medio condicionan el contenido graso de la aceituna, y su mayor o menor facilidad de elaboración: Hojiblanca no suele tener contenidos altos de grasa y, con frecuencia, presenta problemas de pastas difíciles.

También, la variedad y el medio influyen en la humedad de la aceituna, que, como se ha comentado anteriormente, tiene importancia a la hora de obtener buenos agotamientos en el orujo del sistema de dos fases.

4.1.2. Cuidados culturales

En general, no tienen una incidencia neta sobre la calidad, si bien, frutos normalmente desarrollados proporcionan mejores aceites. En cualquier caso, es de notar que la aceituna que ha sufrido un importante "stress" hídrico suele producir aceites más amargos, circunstancia que habrá de ser tenida en cuenta cuando se elabora en dos fases.

Evidentemente, los cuidados culturales condicionan tanto la producción de aceituna como su contenido graso.

4.1.3. Control fitosanitario

Para conseguir aceites de calidad es necesario el control de determinadas plagas y enfermedades que, directa o indirectamente, influyen en la calidad. Las más importantes son: *Gloesporium olivarum alm* (vivillo o aceituna jabonosa), *Dacus oleae bern* (mosca de la aceituna), *Cicloconium oleaginum cast* (repilo). (Ver publicación 3).

4.1.4. Recolección

La recolección de la aceituna es la operación de cultivo que más condiciona la economía de la explotación olivarera, siendo determinante tanto del rendimiento en aceite como de la calidad del mismo. Las ideas más importantes a tener en cuenta son:

- Comenzar la recolección en el momento en que esté formado todo el aceite, evitando así la pérdida de calidad y la caída de aceituna al suelo. En las variedades cultivadas en Andalucía, este momento puede situarse cuando queden pocos frutos verdes en el árbol, la mayoría en enero y algunos negros.

Desde el punto de vista del agotamiento de los subproductos, este tema tiene particular importancia cuando se trabaja en dos fases. Al contrario que en los sistemas tradicionales, tanto de prensas como continuos de tres fases, el decánter de dos fases proporciona mejor agotamiento del orujo con aceituna de principio de campaña. Este hecho está relacionado con la evolución de la humedad de la aceituna que decrece según avanza el periodo de recolección, lo que ocasiona, si no se añade agua, una disminución de la humedad del orujo y una elevación del R. Graso/seco de los mismos. Los gráficos núms. 14 y 15 representan la evolución de estos parámetros en dos almazaras durante la campaña 92/93. Se aprecia la tendencia a aumentar el R. Graso/seco de los orujos, según avanza el periodo de recolección, al tiempo que disminuye su humedad. El coeficiente de correlación de R. Graso/seco del orujo con la fecha de recolección ha sido significativo en las dos almazaras ($r = 0,49$ en la primera y $r = 0,43$ en la segunda). En la campaña 93/94 (en los casos que no se han adoptado las medidas correctoras correspondientes), ha sido general un aumento del R. Graso/seco de los orujos a partir del 20 de enero, lo que coincidió con un descenso de la humedad de la aceituna, debido a las fuertes heladas ocurridas días antes.

- Separar los frutos recolectados del árbol de los procedentes del suelo que proporcionan aceites de una calidad netamente inferior, con mayor acidez y sobre todo con defectos en los caracteres sensoriales (tierra, moho, humedad, atrojado, etc.). En el gráfico nº 16, puede observarse, a nivel de puntuación organoléptica, la diferente calidad de los aceites procedentes de aceitunas del árbol y del suelo, en diferentes épocas de recolección. Los aceites del árbol, son siempre de puntuación mayor de 6,5 (aunque sus características varíen a lo largo del periodo de recolección) mientras los del suelo la tienen, casi siempre, de valor inferior a 4. Obviamente, la separación de ambos tipos de aceituna implica que se transporten y procesen separadamente y sus aceites se almacenen de forma independiente.

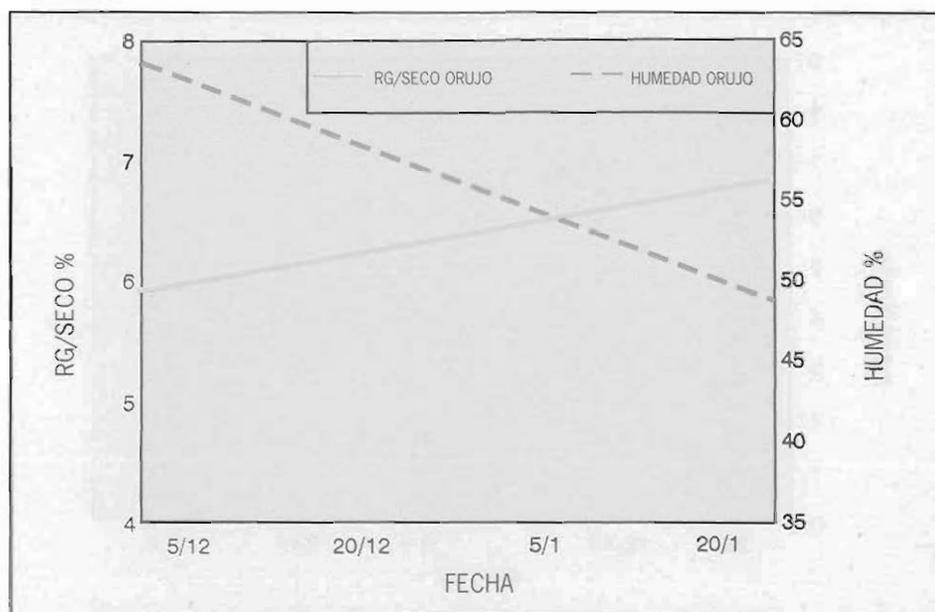


Gráfico 14.- Evolución Rg/Seco y Humedad orujos 2 fases en campaña 92/93. Almazara 1.

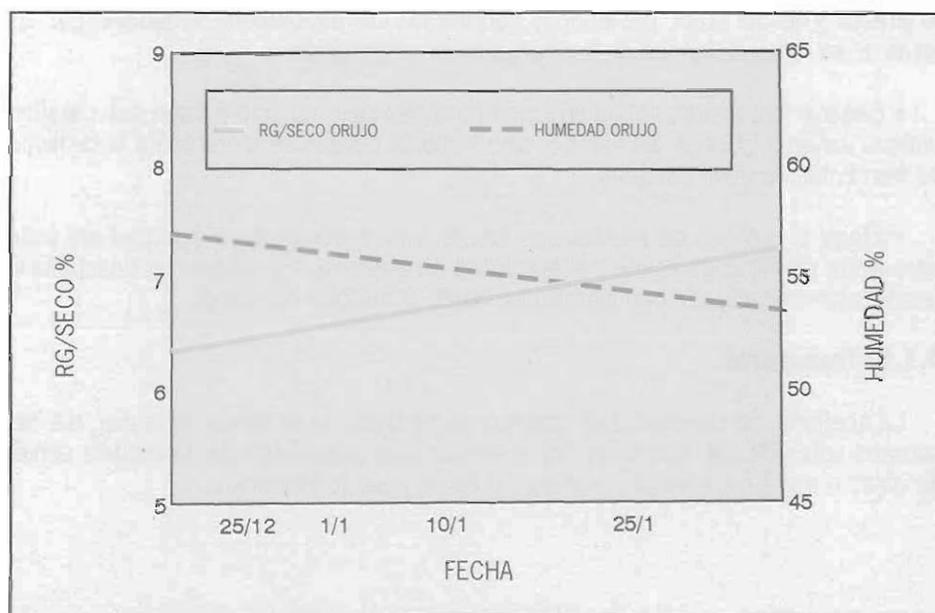


Gráfico 15.- Evolución Rg/Seco y Humedad orujos 2 fases en campaña 92/93. Almazara 2.

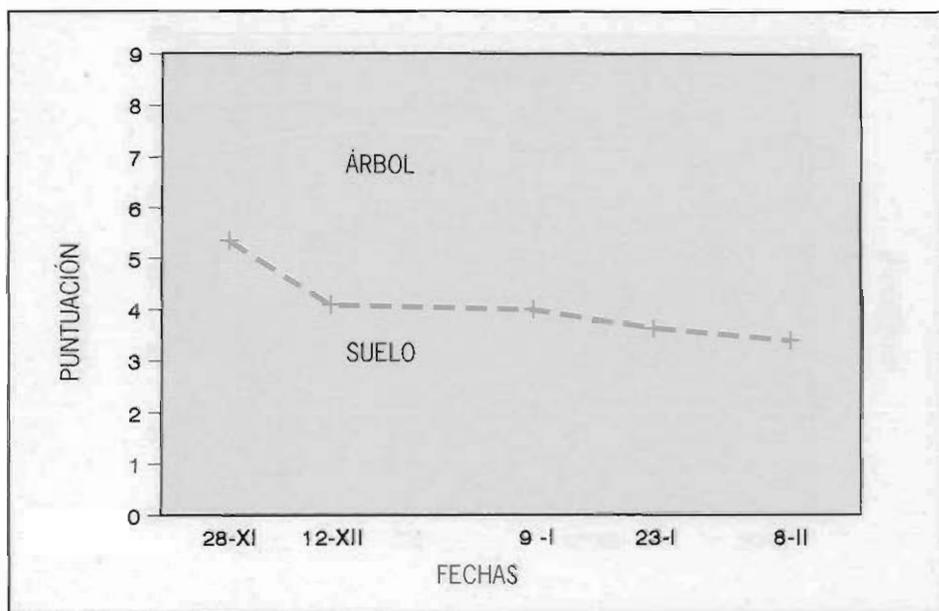


Gráfico 16.- Análisis sensorial aceite procedente aceituna árbol y suelo. Campaña 88/89. Var Lechín s.

Desde el punto de vista de la extractabilidad en el sistema de dos fases, habrá que tener presente que la humedad de las aceitunas del suelo suele ser notablemente inferior a las del árbol, debiéndose adoptar las correspondientes medidas correctoras. Esto refuerza la idea de la necesidad de separación.

- Separar los aceites según épocas de recolección, no sólo porque sus características varían a lo largo del tiempo, sino también porque se incrementa la facilidad de fermentación de la aceituna.
- Elegir el método de recolección que ocasione menor daño a la piel del fruto para evitar pérdidas de aceite y alteraciones en el mismo. Por ello, es aconsejable la recolección mecanizada con vibradores frente al método de vareo.

4.1.5. Transporte

La aceituna, en el proceso de transporte, no debe sufrir daños en la piel, por las razones antes dichas. Por tanto, los sistemas más adecuados de transporte son el de cajas o a granel, teniendo precaución de no pisar la aceituna.

4.2. OPERACIONES PREVIAS (RECEPCIÓN, LIMPIEZA Y ALMACENAMIENTO DEL FRUTO)

4.2.1. Recepción

Se decía en la introducción que "se ha avanzado muy poco en la separación de los frutos que potencialmente pueden producir aceite de calidad de los que producirán aceites de mala calidad". Hay que hacer un esfuerzo importante para conseguir que entren en la almazara separadamente ambos tipos de frutos. Esto es un buen ejemplo de acciones que no requieren grandes inversiones, sino sólo atención y voluntad tanto por parte del agricultor como del almazarero.

Partiendo de una separación de la aceituna según su calidad, es necesario contar, al menos, con dos áreas de recepción:

- Una, para los frutos que potencialmente puedan proporcionar aceites de calidad (aceitunas sanas, cogidas del árbol. . .).
- Otra, para los frutos que producirán aceites de mala calidad (aceituna del suelo y/o gravemente atacada de mosca, *gloesporium*, etc.). Esta aceituna tiene que seguir un camino separado de la anterior, procesarse aparte, y en caso de tener que atrojar, sería la que habría que destinar a tal fin.

4.2.2. Limpieza y lavado del fruto

Una vez recepcionados los distintos tipos de frutos según la calidad potencial de aceite que van a producir, es normal, en la gran mayoría de las almazaras, proceder a la limpieza y/o lavado de la aceituna. Las máquinas empleadas son tres:

- Limpiadoras (separan impurezas menos pesadas que la aceituna y tierra suelta).
- Despalilladoras (separan impurezas de mayor tamaño que la aceituna y de análoga densidad).
- Lavadora (separan impurezas más pesadas que la aceituna).

Es interesante comentar dos aspectos:

- El poder contaminante del agua de lavado de la aceituna es muy variable. Según datos del AMA de Jaén, en un muestreo de 22 lavadoras, el contenido graso medio fue del 0,13% (mínimo: 0,07% - máximo 0,77%) y laDBO media fue de 2.940 p.p.m. (mínima: 259 - máxima: 14.302).

- Tratamiento que debe recibir cada tipo de fruto:

En la campaña 88/89, se realizaron una serie de ensayos a nivel de laboratorio sobre la Influencia del lavado de la aceituna en la extractabilidad (% de aceite real-

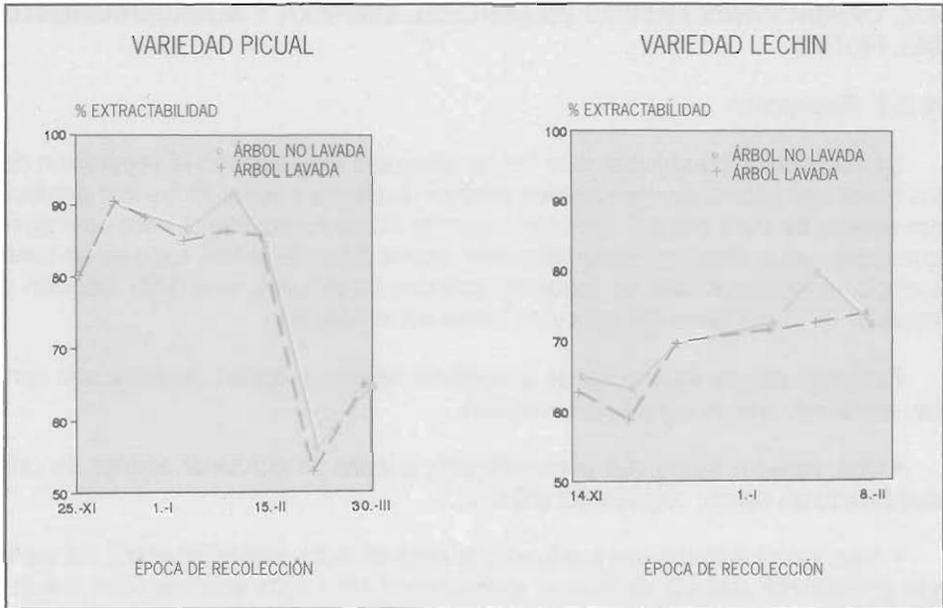


Gráfico 17.- Efecto lavado aceituna en extractabilidad aceituna. Campaña 88/89.

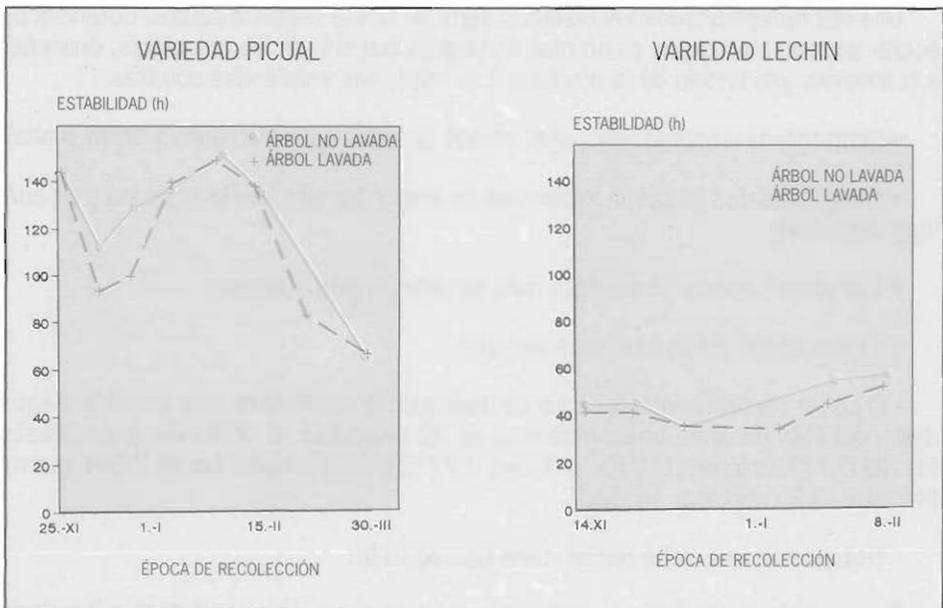


Gráfico 18.- Efecto lavado aceituna en estabilidad aceite. Campaña 88/89.

mente extraído sobre el total contenido en la aceituna) y en la calidad del aceite. La aceituna procedía del árbol y, obviamente, el agua de lavado era limpia. Las conclusiones más destacadas fueron:

* Hay una disminución significativa de la extractabilidad de la aceituna (gráfico nº 17). Es decir, cuando se lava la aceituna, hay una disminución de la cantidad de aceite extraído (aproximadamente 0,3 puntos) confirmada por el mayor contenido de grasa de los orujos de las aceitunas lavadas. Esta pérdida de extractabilidad puede atribuirse al agua adherida a la piel de la aceituna, que facilita la formación de emulsiones en las siguientes fases del proceso.

* Cuando se lava la aceituna, el aceite tiene un menor contenido en polifenoles, menor índice de amargor, menor estabilidad y una menor intensidad de los atributos organolépticos, concretamente del flavor frutado (gráficos nº 18 y 19).

Por consiguiente, el lavado de la aceituna del árbol no ha aportado efecto beneficioso. Por el contrario, ha tenido los inconvenientes antes señalados.

Por tanto, los frutos que potencialmente pueden producir aceites de calidad, sólo deben pasarse por la limpiadora y despalladora, haciendo un "bay-pass" en la lavadora. Si en ocasiones excepcionales (presencia de barro como consecuencia de una recolección en terreno muy húmedo, etc.) hubiese que efectuar un ligero lavado, es muy importante cuidar la limpieza del agua y añadir algún mecanismo eficaz de escurrido y secado, para eliminar la mayor parte del agua adherida a la epidermis.

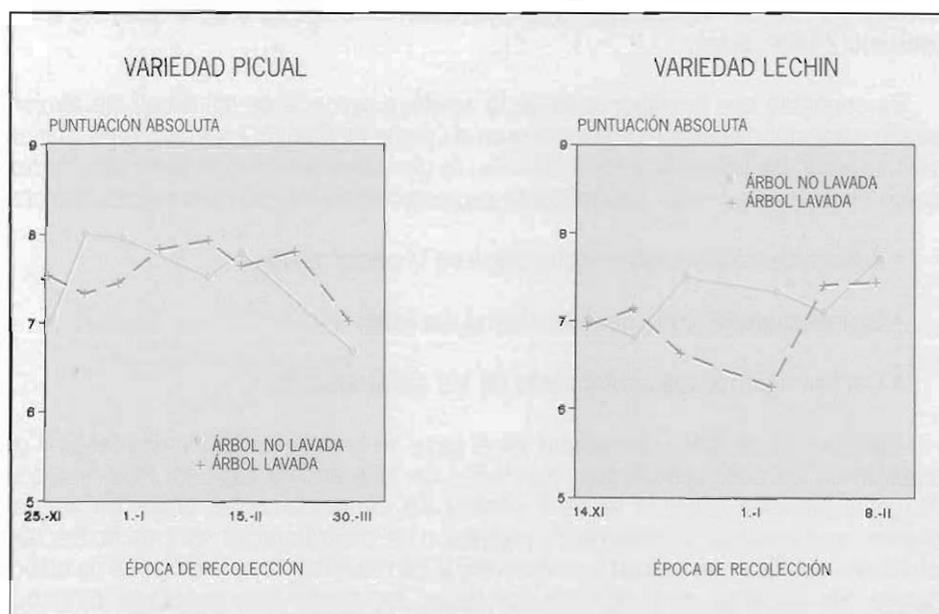


Gráfico 19.- Efecto lavado aceituna en análisis sensorial aceite. Campaña 88/89.

Por el contrario en los frutos que procedan del suelo, es necesario proceder a una limpieza total (limpia, despalillado y lavado) y enérgica, pues, en ocasiones, la cantidad de impurezas presentes supera el propio peso de la aceituna, por lo que la capacidad de la lavadora se constituye en el factor limitante de la instalación. Por supuesto, es necesario proceder a la renovación del agua con la periodicidad necesaria.

Aunque se sea reiterativo, este diferente tratamiento de los frutos, y del dimensionado de las instalaciones, es otra de las razones adicionales para efectuar la separación de la aceituna a la entrada de la almazara.

4.2.3. Pesada. Toma de muestras

Una vez limpia y/o lavada la aceituna, se procede a la toma de muestras y a su pesada. Esta toma de muestras se hace para la determinación del contenido graso del fruto y su posterior pago en función del rendimiento. Únicamente, indicar aquí, cuando se elabora en dos fases, la conveniencia de determinar la humedad como parámetro importante para determinar las condiciones de trabajo, según se ha comentado repetidamente.

4.2.4. Almacenamiento del fruto

Una vez limpio y pesado el fruto, es necesario almacenarlo hasta la molturación. En España, este almacenamiento se suele hacer en tolvas (en Italia es normal hacerlo en cajas de unos 300 kg.). Para evitar alteraciones en la aceituna (subida de acidez, deterioro de los caracteres organolépticos, etc.), el tiempo de espera debe ser corto (máximo 24-48 horas).

Es conocido que la elaboración de la aceituna procedente del árbol, sin atrojar, puede presentar dificultades adicionales en el cuerpo de fábrica, especialmente cuando se presentan las llamadas pastas difíciles, lo que suele ser frecuente en variedades como Hojiblanca o Picual. Las medidas suplementarias que pueden adoptarse son:

- Adición de coadyuvantes tecnológicos a la pasta molida.
- Disminución del ritmo de inyección al decánter.
- Control riguroso del agotamiento de los subproductos.

Todas estas medidas son válidas en el caso de la elaboración en dos fases y se tratarán en los correspondientes apartados de este mismo capítulo. Pero hay que llamar la atención sobre la tercera: control del agotamiento del orujo. En efecto, cuando se trabaja en el sistema de prensas o de centrifugación en tres fases, hay controles visuales que indican la conveniencia de modificar las condiciones de elaboración. Sin embargo, en el caso de dos fases, es todavía más necesario el control analítico del orujo, al ser menor el número de controles visuales.

4.3. PREPARACIÓN DE LA PASTA

4.3.1. Molienda

El aceite se encuentra en la aceituna en forma de gotitas alojadas, fundamentalmente, en las vacuolas del mesocarpio. En consecuencia, para extraerlo, es necesaria la molienda del fruto al objeto de destruir los tejidos vegetales y liberar las gotas de aceite.

Esta operación, en los sistemas continuos, se realiza en molinos metálicos, usualmente de martillos. Realmente, son muy escasas las instalaciones con molinos de rulos o "empiedras". Los molinos de martillos, presentan ciertos problemas (trazas metálicas, pérdidas de aromas, etc.) por lo que en la actualidad se está experimentando con otro tipo de molinos como pueden ser los de discos, engranajes, etc.

Relacionado con el rendimiento industrial, está el grado de molienda de la aceituna (reconocible por el tamaño medio de las fracciones de hueso, presencia de hollejos, etc.) que es regulable, en los molinos de martillos, por el diámetro de las perforaciones de la criba.

El grado de molienda depende del tipo de aceituna, por lo que es difícil dar normas generales. En general, a principios de campaña debe ser más fino, para asegurar la rotura de las celdillas que contienen el aceite. Con aceitunas más maduras o que hayan sufrido alguna alteración (atrojado, soleo, etc.) la molienda puede ser más gruesa.

Si el grado de molienda es excesivamente "grueso", para el tipo de aceituna de que se trata, no se romperán todas las celdillas y en consecuencia, los orujos tendrán un alto contenido graso, sea cual sea el sistema de elaboración elegido.

Si el grado de molienda es excesivamente "fino" (para el tipo de aceituna) se pueden formar sistemas coloidales y emulsiones, cuya consecuencia se traduce de distinta manera según sea el sistema de elaboración elegido.

- Si el sistema es de prensas, los orujos irán poco agotados por la escasa capacidad filtrante de la masa. Esta escasa capacidad filtrante provoca la aparición de proyecciones de masa fuera del capacho ("chirgates").

- Si el sistema es continuo de tres fases, estos "finos" cargados de grasa, con una densidad parecida a la del alpechín, hacen que este efluente tenga muchos sólidos y un alto contenido graso.

- En el sistema de centrifugación de dos fases, los "finos", cargados de grasas, irán en el orujo, por lo que éste tendrá un contenido graso superior al valor aconsejable.

Pero, mientras en los otros sistemas de elaboración existen controles visuales y/o analíticos que permiten diferenciar las mayores pérdidas de grasa como consecuencia de un grado de molienda inadecuado, en el sistema de dos fases no hay un control que permita diferenciar si el alto contenido graso de un orujo es debido a molienda excesivamente fina o gruesa. Por ello, aunque no se tiene experiencia concreta sobre el grado de molienda en dos fases, la opinión de algunos almazareros es hacer una molienda más fina que en el sistema de tres fases, añadiendo talco, en caso necesario, para paliar los problemas de coloides y emulsiones.

4.3.2. Batido

Con el batido, se pretende formar una fase oleosa continua, debido al efecto mecánico y a la alteración de las membranas de las gotas de aceite que permiten una agrupación de las mismas. En el cuadro nº 7, se indica la distribución porcentual del tamaño de las gotas de aceite, antes y después del batido.

Cuadro nº 7.
DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL TAMAÑO DE LAS GOTAS DE ACEITE
DESPUÉS DE LA MOLIENDA Y EL BATIDO

Fases de elaboración	DIÁMETRO DE LAS GOTAS DE ACEITE (MICRAS)					
	<15	15-30	30-45	45-75	75-150	>150
Después molienda %	6	49	21	14	4	6
Después batido %	2	18	18	18	19	25

Fuente: Martínez Moreno, "Fundamento físico-químico de la técnica Oleícola".

En los sistemas continuos, es general la utilización de batidoras horizontales de varios cuerpos, construidas en acero inoxidable, con un sistema de calefacción, mediante agua caliente, que circula por una camisa que rodea cada cuerpo de la batidora.

Cuando la molienda se hace con molinos metálicos de martillos, en los que no se verifica un dislacerado de la pasta, es más necesario un batido correcto para conseguir un agotamiento razonable de los subproductos. Algunas variables a considerar se refieren al tiempo y temperatura de batido y la posible adición de coadyuvantes tecnológicos.

Durante la campaña 93/94, en el C.I.F.A. de Mengibar (Venta del Llano) se han realizado diversas experiencias relacionadas con la influencia de estas variables en extractabilidad y la calidad del aceite obtenido, cuando se trabaja en un sistema continuo de dos fases.

4.3.2.1. Tiempo de batido

La duración del mismo, debe ser suficiente para lograr una agrupación de las fases y obtener, de manera uniforme, la temperatura deseada en la masa.

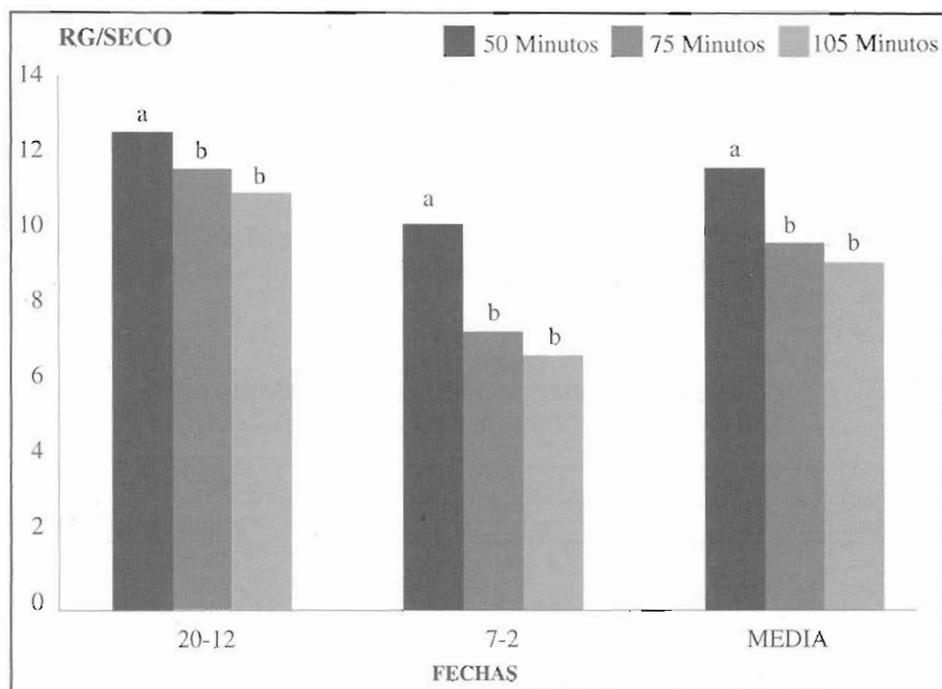


Gráfico 20.- Efecto tiempo batido en Rg/seco orujos 2 fases. Campaña 93/94.

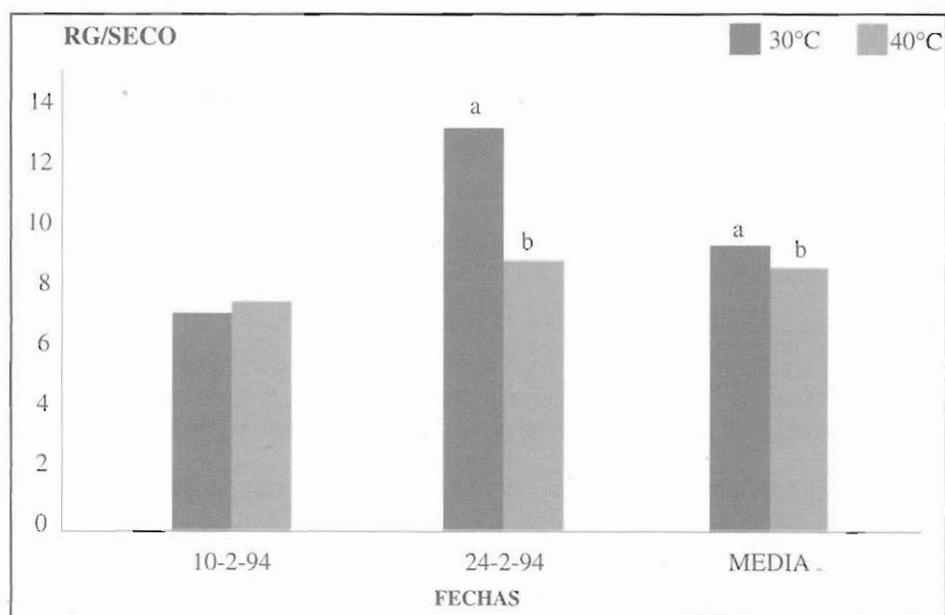


Gráfico 21.- Efecto temperatura batido en Rg/seco orujos 2 fases. Campaña 93/94.

Se ha ensayado tres tiempos de batido: 50 min., 75 min. y 105 min. en dos épocas (20 diciembre y 7 febrero). Los resultados, referidos al agotamiento de los orujos expresado como Rg. Graso/seco, pueden observarse en el gráfico nº 20. En cada una de las épocas, y en la media, el rendimiento graso del orujo disminuye cuando el tiempo de batido aumenta de 50 a 75 min., sin que exista diferencia significativa entre 75 y 105 min.

Desde el punto de vista de las características del aceite obtenido, los parámetros que se han visto influidos por los distintos tratamientos en el ensayo efectuado el 20-XII-93 se reflejan en el cuadro nº 8.

Cuadro nº 8.
EFFECTO DE LA DURACIÓN DEL TIEMPO DE BATIDO EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL ACEITE

PARAMETRO	TIEMPO		
	50 min.	75 min.	105 min.
K 270	0,13 b	0,13 b	0,14 a
Polifenoles (ppm ac. caféico)	309 a	244 b	213 c
K 225	0,26 a	0,22 b	0,20 b
Estabilidad (h. a 120° C)	21,3 a	18,5 b	16,6 b
Color (Intensidad)	6 c	7,3 b	8 a

El contenido en polifenoles y los parámetros con él relacionados (K225 - amargor y Estabilidad al enranciamiento) disminuye de manera significativa cuando se prolonga el tiempo de batido, análogamente a como ocurría en otros sistemas de extracción (Solinas, Hermoso). Al alargarse el tiempo de batido, debido a una mayor disolución en el aceite de pigmentos (clorofilas y carotenos), aumentó la intensidad del color (dentro del mismo tono), lo que puede influir en el nivel del K270 que también se elevó ligeramente.

El tiempo de batido no ha influido en otros parámetros, como grado de acidez, Índice de Peróxidos y K232.

4.3.2.2. Temperatura

En el proceso de batido, es necesario calentar la masa para disminuir la viscosidad del aceite y así, facilitar la formación de la fase oleosa y su extracción.

En dos épocas bastantes tardías (10 y 24 de febrero) (lo que puede restar generalidad a los resultados) se han ensayado dos temperaturas de la masa al final del proceso de batido: 30 y 40° C. En el gráfico 21, puede observarse la variación del Rg. Graso/seco de los orujos con la elevación de la temperatura. En la segunda época, y en la media, el rendimiento bajó significativamente cuando la temperatura de la masa pasó de 30 a 40° C, análogamente a como sucedía en otros sistemas de extracción.

Los parámetros de calidad que se han visto afectados, debido a los distintos tratamientos se reflejan en el cuadro n° 9.

Cuadro n° 9.
EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE LA MASA EN LAS
CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE

PARÁMETRO	Ensayo 10-2-94		Ensayo 24-2-94	
	Temperatura		Temperatura	
	30° C	40° C	30° C	40° C
Polifenoles (ppm ac. caféico)	601 b	648 a	529 b	588 a
K225	0,35 b	0,39 a	0,24b	0,30a
Estabilidad (h. a 120° C)	22,0 b	25,7 a	17,6 b	19,60 a

Sólo los polifenoles, K225 y estabilidad aumentaron al elevarse la temperatura de la masa en el batido, análogamente a lo ocurrido en otros sistemas de extracción (Salinas, Hermoso). Los índices relacionados con el estado oxidativo del aceite (I. de Peróxidos, K270 y K232) no fueron afectados en estos ensayos. Hay que hacer notar que no se han analizado otros parámetros como ceras o alcoholes grasos superiores, que en otros sistemas de elaboración aumentaban al elevarse la temperatura del batido (Alba y Col.).

Es de resaltar el aumento importante que ha experimentado el K225 y por consiguiente el amargor del aceite. Por otro lado, es conocido que cuando se eleva la temperatura, hay una pérdida de aromas y por consiguiente disminuye la intensidad del flavor frutado de aceituna. Incluso, en algunos casos, aparecen sabores a "recalentado".

4.3.2.3. *Uso de coadyuvantes*

Los dos coadyuvantes tecnológicos normalmente utilizados son el M.T.N. (microtalcó natural) y los enzimas, cuyo uso está autorizado por la legislación nacional, siempre que se trate de determinadas formulaciones que no alteran las características fisicoquímicas ni organolépticas del aceite.

En general, su uso está recomendado cuando se presentan las llamadas "pastas difíciles". La presencia de estas "pastas difíciles" (frecuentes en la variedades Picual y Hojiblanco, cuando la aceituna procedente del árbol se elabora inmediatamente después de su recolección) puede reconocerse en un sistema de centrifugación de dos fases por alguna de las siguientes circunstancias:

- La molienda da como resultado una pasta fluida, en la que trozos de hueso están prácticamente sueltos de los restos de pulpa correspondiente.
- Durante el batido no se consigue la separación de aceite suelto y las paletas de la batidora salen sucias, impregnadas de trozos de masa. En muchos casos, el color de la pasta no varía, conservando una tonalidad morada.

- El aceite procedente del decánter está sucio, emulsionado y con tono violáceo, realizándose la centrifugación del aceite en la C.V. con dificultades.

- Como consecuencia, los orujos tienen un contenido anormalmente alto de grasa.

En un sistema de dos fases, a estos dos coadyuvantes clásicos, se debe añadir un tercer coadyuvante: el agua. Como se dijo anteriormente, si en el decánter la fase alpechín es muy estrecha, se corre el peligro que parte de la fracción aceite pueda ser arrastrada con el orujo. Este problema ocurrirá, preferentemente, con aceitunas de baja humedad, que no suelen presentar las características típicas de las pastas difíciles.

Por tanto, en este apartado, trataremos de tres tipos de coadyuvantes.

Talco

El uso del talco (silicato magnésico hidratado), permite mejorar la estructura de las pastas difíciles, y por tanto, aumentar el rendimiento en la extracción. Se usa a dosis de 1 a 3%, según la dificultad de la masa a tratar. El signo más visible de su uso es la clarificación del aceite a la salida del decánter y un descenso del nivel de sólidos y de grasa en el alpechín (tres fases). Su sobredosificación puede provocar un incremento del contenido graso de los orujos.

En los ensayos realizados en el C.I.F.A. de Mengíbar (Venta del Llano), en cuatro fechas (16 diciembre, 21 diciembre, 28 diciembre y 12 enero) el producto se ha añadido al principio del segundo cuerpo de la batidora (de 3 cuerpos) mediante dosificador automático. Los resultados de extractabilidad, expresados como Rg. Graso/seco de los orujos pueden verse en el gráfico nº 22. Como resumen pueden hacerse las siguientes observaciones:

- En todos los casos, la aportación del talco a dosis del 1%, disminuyó significativamente el rendimiento graso del orujo. En la media de los cuatro ensayos el R. Graso/ seco bajó 3,02 puntos.

- La dosis del 2% (ensayos del 16/12 y 21/12) no proporcionó reducción del contenido graso del orujo sobre la del 1%. En caso de pastas de gran dificultad de elaboración, puede ser necesario dosis del 2% o superiores.

- Como es lógico, las disminuciones más importantes del R. Graso/seco, se produjeron en los casos de mayor dificultad de la pasta (ensayos del 21/12 y 28/12).

- En el ensayo del 12/1, la aceituna había estado atrojada una semana y podía considerarse como "fácil". En este caso, también se disminuyó en 1,16 puntos del Rg. Graso/seco.

- Los aceites, a la salida del decánter, se aprecian más limpios.

- En todos los casos, la humedad de la aceituna fue de 43-45%.

Desde el punto de vista de características de aceites obtenidos, se han realizado las determinaciones correspondientes de I. Acidez, I. Peróxidos, K270, K232, contenido en polifenoles, K225, estabilidad y caracteres organolépticos, en los ensayos de las fechas 16/12 y 21/12. Aunque no hay diferencias significativas, se observa una tendencia a subir el contenido de polifenoles, amargor, sabor picante y a disminuir el flavor dulce cuando se aumenta la dosis de talco al 2%.

Enzimas

Los preparados enzimáticos actúan sobre las membranas celulares y lipoproteicas, facilitando la extracción del aceite. Al contrario que el talco, fluidifican ligeramente la pasta. Se utilizan las dosis de 100 a 200 gramos de enzima por Tm. de aceituna.

En el ensayo realizado en el C.I.F.A. DE Mengibar (Jaén) el 18 de enero de 1994 se ha utilizado "Olivex" (preparado enzimático obtenido a partir del hongo *Aspergillus aculeatus*), con actividad pectolítica fundamentalmente y también celulolítica y hemicelulolítica. Se ha usado a la dosis de 0,02% de producto comercial y, previamente disuelto en agua al 10%, se ha añadido al principio del batido mediante bomba dosificadora. Como puede verse en el gráfico nº 23, el Rg. Graso/seco del orujo disminuyó en 2,55 puntos respecto al testigo (la pasta de aceituna tenía poco grado de dificultad).

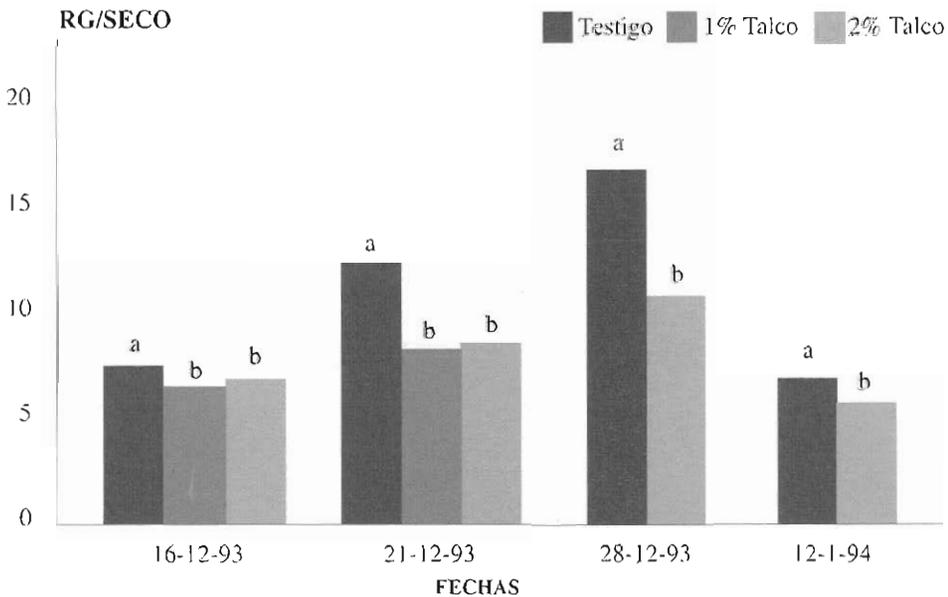


Gráfico 22.- Efecto adición talco en el Rg/seco orujos de 2 fases. Campaña 93/94.

A nivel visual, los aceites, a la salida del decánter, tuvieron un aspecto más suelo que los del testigo.

Agua

Como se ha comentado repetidamente, en el sistema de dos fases, la adición de pequeñas cantidades de agua puede ser un coadyuvante eficaz para facilitar la extracción de aceite de oliva, especialmente cuando la humedad de la aceituna es baja.

Una primera cuestión es el lugar de la adición del agua.

Tradicionalmente, tanto el sistema de prensas como en el continuo de tres fases, cuando la masa de la aceituna está muy "seca", se añade una cierta cantidad de agua en el molino -con el fin de permitir un mejor funcionamiento de los remontadores de masa- o al inicio del batido - para que la pasta se haga algo más fluida-. Parte del agua es absorbida por las partes hidrófilas de la aceituna y aparece aceite sobrenadante.

Otra posibilidad es añadir este agua en la inyección al decánter, con el fin de ampliar el espesor de la fase alpechín, dificultando así las fugas de aceite en el orujo.

En las campañas 92/93 y 93/94 se han realizado una serie de ensayos para atender a esta cuestión, siempre con aceituna cuyo nivel de humedad era inferior al

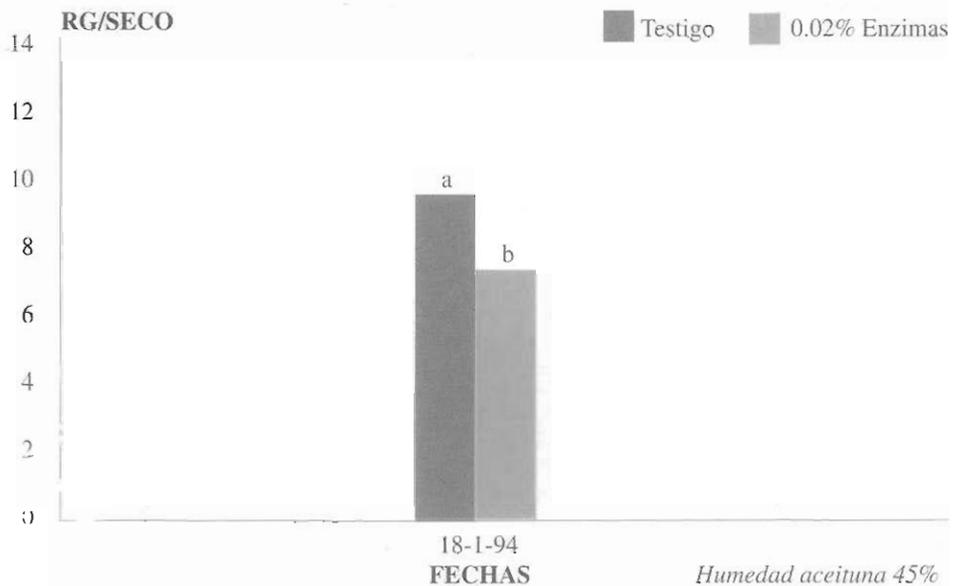


Gráfico 23.- Efecto adición enzimas en Rg/seco orujos 2 fases. Campaña 93/94.

38%. El planteamiento general de los ensayos fue añadir diversos porcentajes de agua (sobre el peso del fruto) en dos puntos del proceso: a) al inicio del batido y b) en la inyección al decánter (tal y como se hace en el sistema de tres fases). Los resultados obtenidos en las dos campañas fueron análogos. En el gráfico nº 24, se indican el R. Graso/seco de los orujos de los dos ensayos (3 de febrero y 17 de febrero) realizados en la campaña 1993/94. Como resumen puede indicarse:

- La inyección de agua al decánter es significativamente más eficaz que la adición a la batidora.
- Cuando el agua se adiciona a la batidora, se necesita una cantidad sustancialmente más elevada para conseguir rebajar el R. Graso/seco del orujo, sin alcanzar, en ningún caso, lo conseguido cuando se inyecta directamente al decánter.
- En general, no es aconsejable sobrepasar el 10% de agua en la inyección incluso con aceituna de tan baja humedad como la de los ensayos (35,5-36%): aparte del aumento de la humedad del orujo, pueden aparecer problemas de fracciones de orujo que salen en el aceite del decánter, como ocurrió cuando se adicionó el 27% de agua.

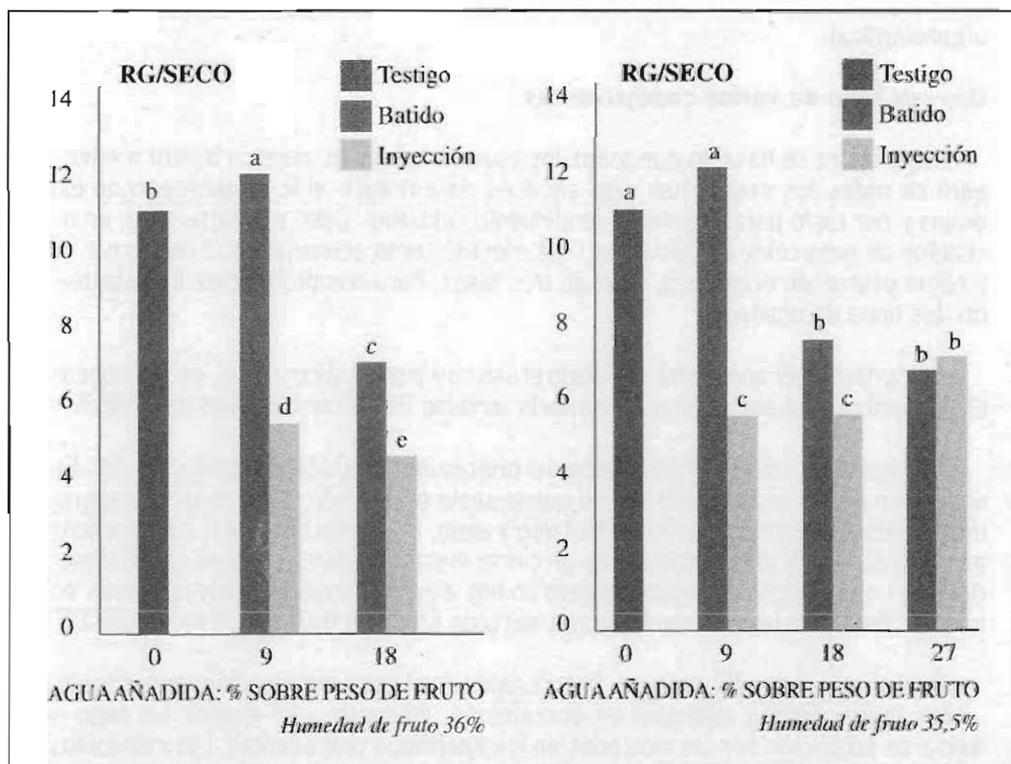


Gráfico 24.- Efecto adición agua (lugar y dosis) en Rg/seco orujos. 2 fases. Campaña 93/94.

A estos efectos, es conveniente la instalación de caudalímetros que permitan medir la adición de pequeñas cantidades de agua.

También en la campaña 93/94, con aceituna de humedad comprendida entre el 43 y el 45%, se ha ensayado el efecto de la inyección de agua al decánter, en tres fechas diferentes (10- diciembre, 28-diciembre y 12-enero). En el gráfico nº 25 pueden verse los resultados obtenidos, referidos tanto a la R. Graso/seco como a la humedad del orujo. En todos los casos, la inyección de un 5% de agua al decánter disminuyó significativamente el R. Graso/seco del orujo (como media 1,87 puntos). Es de destacar que en el ensayo del 10 de diciembre se inyectaron dos dosis: 5 y 10% sobre el peso del fruto, sin diferencias significativas entre ellas.

Lógicamente, la humedad de los orujos se incrementó cuando se inyectó agua. Como media la diferencia del tratamiento del 5% respecto al testigo fue de 2,56 puntos (56,76 frente a 54,20). Hay que señalar que la humedad del aceite a la salida del decánter aumentó en 1,52 puntos.

Respecto a las características de los aceites, a las dosis ensayadas, no se han apreciado diferencias significativas en ninguno de los parámetros analizados (Acidez, I. Peróxidos, K232, Polifenoles totales, K225, Estabilidad, color, puntuación organoléptica).

Uso conjunto de varios coadyuvantes

Hasta ahora se ha visto que todos los coadyuvantes, en mayor o menor medida, pero en todos los casos, han sido eficaces para reducir el R. Graso/seco de los orujos y por tanto para mejorar el rendimiento industrial. Cabe preguntarse si, en un sistema de extracción en dos fases, sus efectos serán acumulables (sinergismo) tal y como ocurre, en ocasiones, en el de tres fases. Para comprobarlo se han planteado dos tipos de ensayos.

En los del primer tipo, se ha estudiado el uso conjunto de talco y agua, en dos épocas (28 diciembre y 14 enero) en aceituna de la variedad Picual con humedad de 43-45%.

Los resultados del R. Graso/ seco del orujo pueden verse en el gráfico nº 26. En el primero de los ensayos (28-XII), en que la pasta era "difícil", hubo un claro sinergismo cuando se utilizan conjuntamente talco y agua. En el segundo (14-I), con aceituna atrojada durante 8 días, también hay un cierto efecto, estadísticamente significativo, de cada uno de ellos por separado pero no hay efecto acumulativo (hay que tener en cuenta que los resultados del R. Graso/seco de orujo del testigo son muy bajos).

En el segundo tipo de ensayos, se ha estudiado el uso conjunto de los tres coadyuvantes (agua, talco y enzimas) en dos épocas (20-enero y 27 enero). La dosis y forma de aplicación son las indicadas en los apartados precedentes. Los resultados

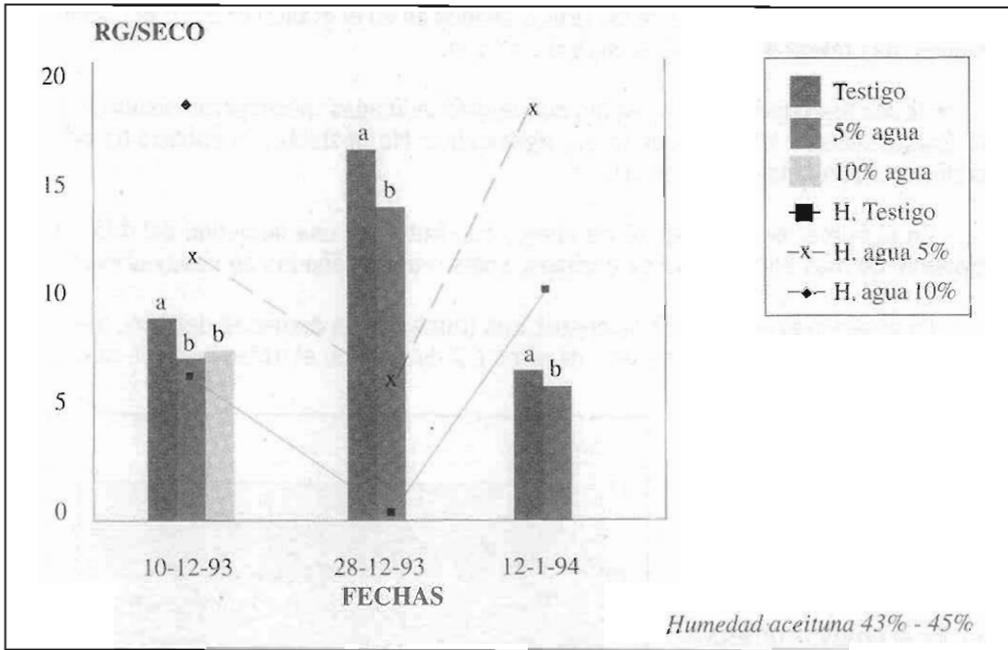


Gráfico 25.- Efecto inyección agua en Rg/seco orujos 2 fases. Campaña 93/94.

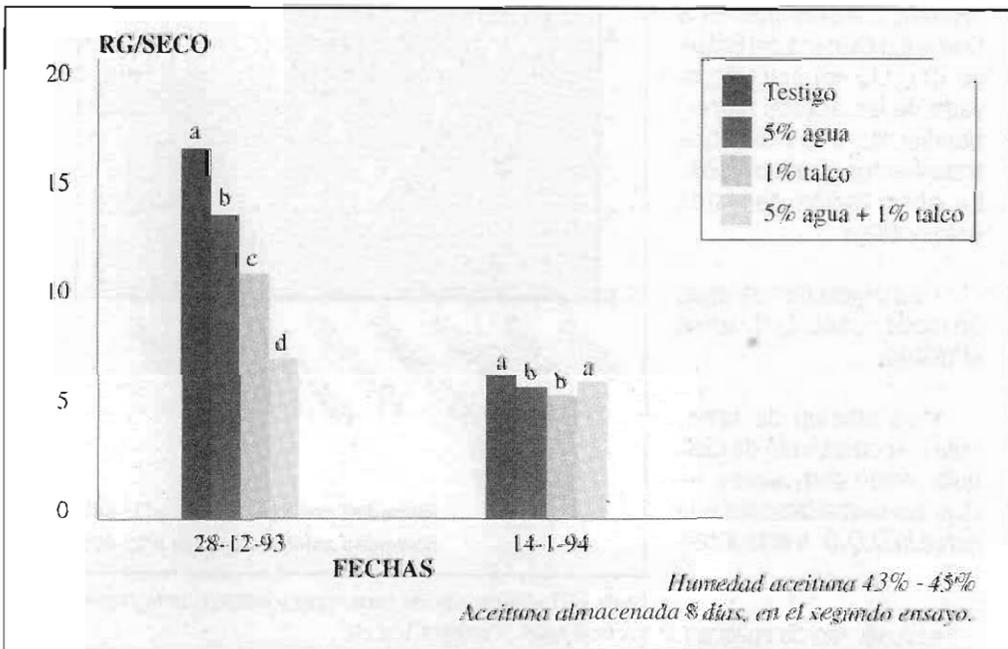


Gráfico 26.- Efecto adición talco y agua en Rg/seco orujos 2 fases. Campaña 93/94.

obtenidos del R. Graso/seco de los orujos se indican en el gráfico nº 27. Las conclusiones más relevantes de estos ensayos indican:

- Todos los coadyuvantes, en las dos fechas indicadas, permitieron disminuir el R. Graso/seco de los orujos de forma significativa. No obstante, su eficacia ha sido distinta, según el tipo de aceituna.

- En el primer ensayo, del 20 de enero, con frutos de una humedad del 44%, el tratamiento más eficaz fue el de enzimas, solas o acompañadas de coadyuvantes.

- En el segundo ensayo (27 de enero), con frutos de una humedad del 40%, fue el agua, bien sola o bien acompañada de otros coadyuvantes, el tratamiento de mayor eficacia.

- En todos los casos, el tratamiento doble Enzimas + talco, o el triple (Agua + Talco + Enzimas) fueron de la máxima eficacia.

En el ensayo correspondiente al 20 de enero, se ha estudiado el efecto de los distintos coadyuvantes en la Demanda Química del Oxígeno (D.Q.O.) del agua de lavado de los aceites correspondientes a los distintos tratamientos (gráfico nº 28). La observación de estos datos refleja:

- La inyección de agua no modificó la D.Q.O. sobre el testigo.

- La adición de talco, solo o acompañado de cualquier otro coadyuvante, redujo aproximadamente a la mitad la D.Q.O. frente al testigo.

- La adición de enzimas, si no van acompañados de talco, elevó la D.Q.O. en un 50% sobre el testigo.

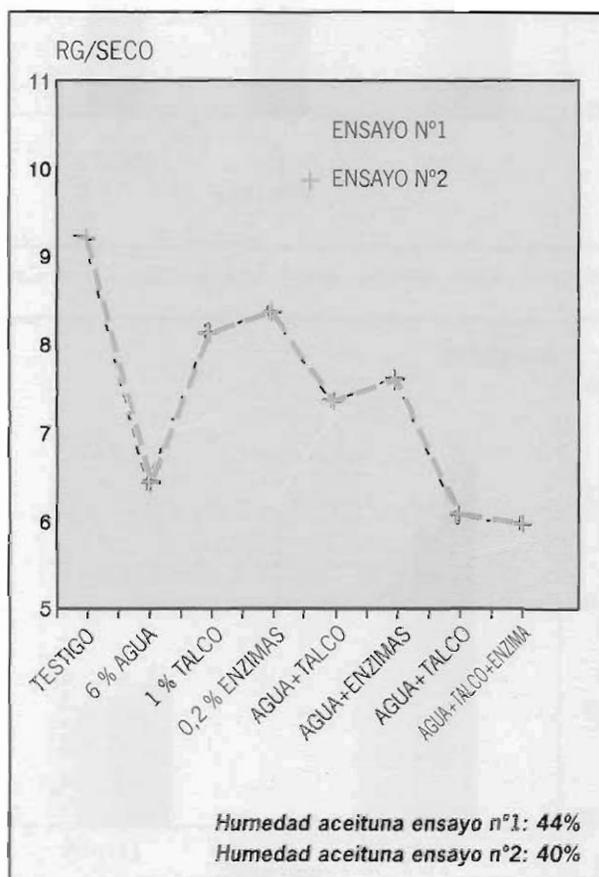


Gráfico 27.- Efecto adición talco, agua y enzimas en Rg/seco orujos de 2 fases. Campaña 93/94.

A modo de resumen del uso de coadyuvantes

A la vista de estos resultados, el uso de coadyuvantes es interesante para aumentar el grado de extractabilidad de la aceituna. El tipo de coadyuvante a elegir será función del grado de humedad del fruto y de la mayor o menor dificultad de la pasta a procesar. En principio y con frutos de más del 45-47% de humedad y cierto grado de dificultad de la pasta, parece que el tratamiento más aconsejable sería el de talco y/o enzimas. Con frutos de humedad inferior al 40%, el tratamiento más eficaz sería el de agua. Si la aceituna tiene un nivel de humedad y dificultad intermedio, el uso conjunto de talco y agua puede ser más interesante. En cualquier caso, el contenido graso del orujo, expresado sobre materia seca, será el parámetro para decidir el uso de uno u otro coadyuvante.

El tiempo de coadyuvante utilizado condiciona la D.Q.O. del agua de lavado. El talco la reduce mientras el uso de enzimas las eleva.

Las características de los aceites obtenidos con diversos tipos de coadyuvantes no difieren significativamente de los obtenidos sin su uso.

Estas conclusiones, obtenidas a nivel experimental, parecen confirmarse a nivel industrial de almazara. Se ha estudiado el R. Graso/seco y la humedad de los orujos

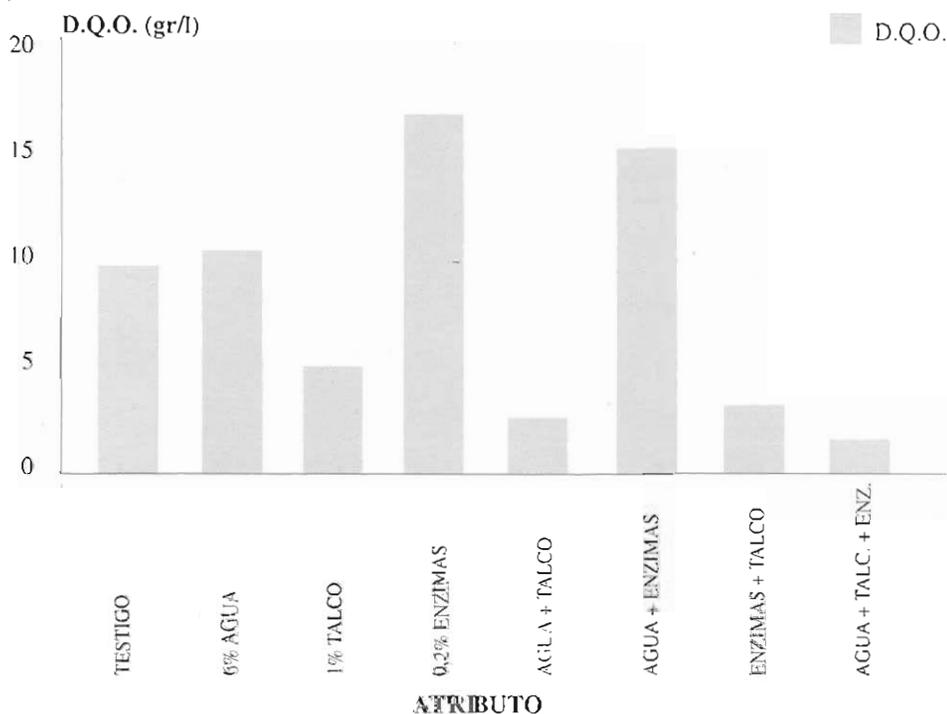


Gráfico 28.- Efecto adición de coadyuvantes en D.Q.O. agua de lavado 2 fases. Campaña 93/94.

a lo largo de la campaña 93/94 (desde el 6 de enero al 16 de febrero) en dos grupos de almazaras:

- En uno (lo llamaremos T), constituido por siete almazaras, utilizaron sistemáticamente talco, sin adición de agua. Es importante indicar que la humedad del orujo, en este grupo, es función de la humedad de la aceituna.

- En otro (lo llamaremos A), constituido asimismo por siete almazaras, utilizaron sistemáticamente agua, sin adición de talco. La humedad del orujo es función de la humedad de la aceituna y de la cantidad de agua añadida en cada caso.

Los resultados tanto de R. Graso/seco como de Humedad del orujo, se reflejan en el gráfico nº 29. El análisis de este gráfico indica:

- El R. Graso/seco, medio de los dos grupos de almazaras fueron semejantes (o, 61 % en el grupo T y 6,69% en el Grupo A). La humedad de los orujos el grupo A fue de 56,24, lógicamente mayor, que la del grupo T (53,53).

Sin embargo, la evolución temporal fue distinta. Podemos distinguir tres periodos:

- Del 6 al 14 de enero. El R. Graso/seco de los orujos de las almazaras que usaron talco fue de 5,47%, notablemente inferior al de las que utilizaron agua (o,

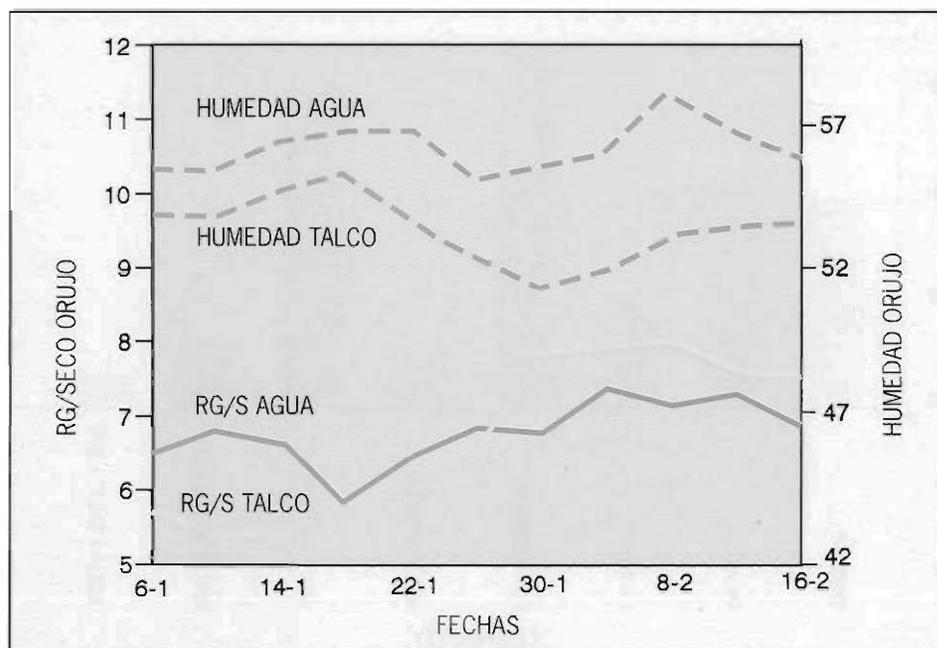


Gráfico 29.- Comparación efecto adición talco o agua en almazaras. Campaña 93/94.

61%). Las humedades de los orujos fueron: 54,41% y 55,92% (la humedad de la aceituna era relativamente alta).

- Del 18 al 26 de enero. El R. Graso/seco de los orujos se equilibró en los dos grupos (0,08% en el T y 6,28% en el A). Las humedades de los orujos fueron 53,98% y 56,26% respectivamente.

- Del 30 de enero al 16 de febrero. El R. Graso/seco de los orujos de las almazaras que utilizaron talco fue del 7,61%, mayor que el de las que utilizaron agua 6,98%. Las humedades respectivas de los orujos también fueron sensiblemente diferentes (52,75 y 56,41%) (la humedad de la aceituna era relativamente baja).

4.4. SEPARACIÓN DE FASES

En un sistema de centrifugación dos salidas, la separación de fases consiste en la separación del aceite del resto de los componentes de la aceituna (orujo y agua de vegetación) obteniéndose un sólido pastoso denominado por algunos como "alpeorujo". Esta separación se hace en el decánter y el aceite se clarifica mediante su paso por la centrifuga vertical de aceite.

La inyección de la masa en el decánter se efectúa mediante una bomba, normalmente de tipo mono, análogas a las utilizadas en el sistema de tres fases. Debido a que las masas no se fluidifican, o se le añade muy poca agua, la ascensión de la pasta a través de las mangueras y de la caña es más difícil, razón por la que el "estator" de goma suele desgastarse con mayor rapidez.

Algunos puntos deben ser considerados en el manejo del decánter de dos fases. Los más importantes son:

- Cantidad de masa inyectada, en función de la capacidad teórica del decánter.
- Regularidad en la inyección de masa.
- Distancia de los orificios de salida del aceite al eje de giro del decánter.

Algunos otros aspectos, como son la distancia al punto de descarga de la caña a la salida de sólidos o el diferencial de vuelta bol-rotor pueden ser aspectos de regulación pero, al no disponer de datos concretos de ensayos específicos, no se tratarán.

4.4.1. Cantidad de masa inyectada

Unos de los parámetros que inciden en la eficacia de un decánter es la cantidad de pasta que se inyecta en relación con la capacidad teórica del mismo (ver diámetro de stokes en el apartado "Eficacia del decánter").

El caudal de la pasta más adecuado está condicionado por el tipo de aceituna a procesar (variedad, época de recolección, procedencia del fruto-árbol o suelo-tiempo de almacenamiento, etc.) así como por las condiciones de preparación de la pasta (tiempo y temperatura de batido, adición de coadyuvantes tecnológicos, etc.). Cuando se sobrepasa el caudal óptimo, para unas determinadas condiciones de la pasta, hay una pérdida de aceite, de tanta mayor cuantía cuanto más se sobrepasa este óptimo.

En la campaña 92/93, se hicieron dos ensayos (16 diciembre y 18 febrero) para estudiar si las pérdidas en el sistema de dos fases eran similares a las de tres fases. La pérdida de extractabilidad en cada uno de los ensayos, se reflejan en el gráfico nº 30. Como puede verse, el mayor aumento del ritmo de inyección (85% de la capacidad teórica del decánter) provocó pérdidas importantes de la cantidad de aceite extraído frente al testigo (65% de la capacidad teórica) y de similar cuantía en el sistema de tres fases (3,24 puntos de media) que en el de dos fases (3,47 puntos de media). Sin embargo, el origen de las pérdidas es distinto: mientras en el tres fases se debió fundamentalmente al aumento del contenido graso del alpechín, en el dos fases se manifestó por el mayor contenido graso de los orujos.

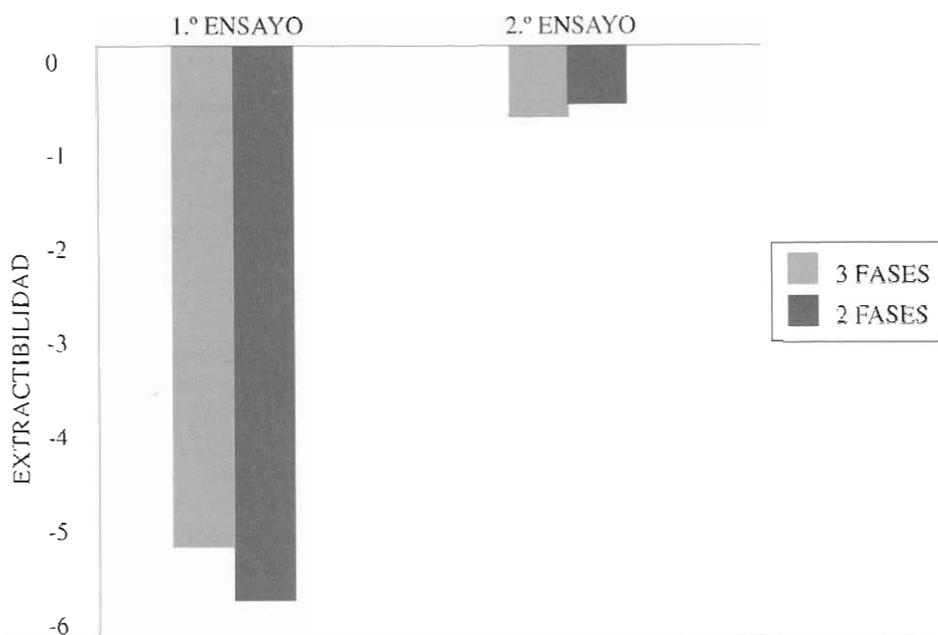
En la campaña 93/94, sólo se estudiaron las pérdidas debidas al incremento del ritmo de inyección ocasionadas en el sistema de dos fases. Para ello se han realizado tres ensayos. En dos de ellos (15 diciembre y 20 enero) se han comparado los ritmos 65 y 80% de la capacidad teórica del decánter. En el tercero (24 enero) los ritmos han sido del 70 y 85%. Los resultados del R. Graso/seco, representados en el gráfico nº 31, confirman la idea de mayor contenido graso en los orujos (1,55 puntos en la media) -y por tanto, pérdida de rendimiento industrial- cuando se incrementa la cantidad de pasta inyectada al decánter sobre el valor óptimo.

En cuanto a las características del aceite, el cuadro nº 10 indica los parámetros en que ha habido diferencias significativas entre los diversos tratamientos.

Cuadro nº 10.
EFFECTO DEL RITMO DE INYECCION DE MASA EN LAS
CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DEL ACEITE

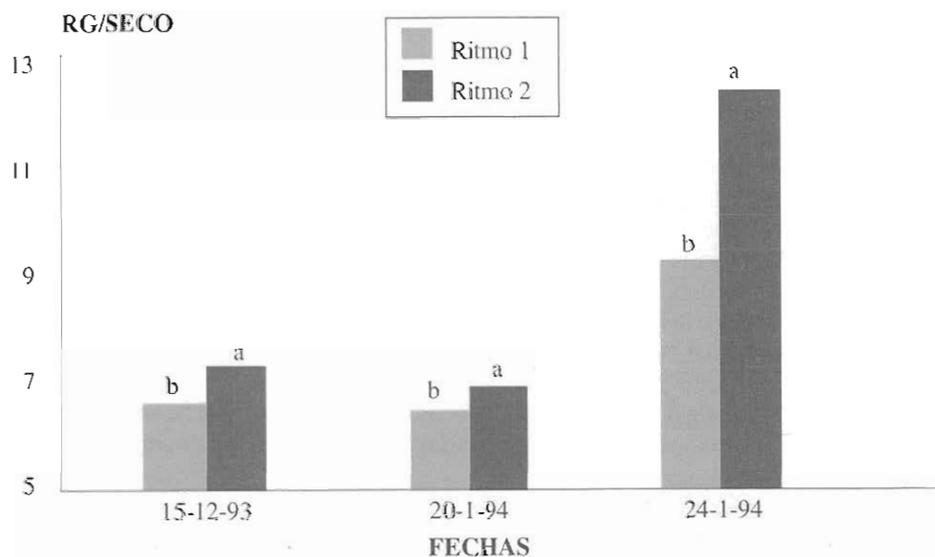
PÁRAMETRO	CAMPAÑA	92/93		93/94			
	FECHA	16 Dicbre.		15 Dicbre.		24 Enero	
	RITMO	85%	65%	80%	65%	85%	70%
Polifenoles (ppm ac. cafeico)		287 a	264 b	322 a	287 b	783 a	658 b
K225		0,26 a	0,23 b	0,26	0,22	0,39 a	0,33 b
Estabilidad (h a 100° C)		74,4 a	71,3 b	79,2 b	67,8 b	104 a	75,2 b

Como puede observarse, el aumento del ritmo de inyección proporcionó un mayor contenido en polifenoles, y por consiguiente aceites ligeramente más amargos y con mayor estabilidad. Esto puede estar relacionado con el menor tiempo de batido



En el 2º ensayo, se adicionó 7% agua en 2 fases

Gráfico 30.- Efecto pérdida extractabilidad por mayor ritmo inyección pasta. Campaña 92/93.



Los ritmos en los dos primeros ensayos han sido del 65% y 80% de c.t. y en el último del 70% y 85% c.t.

Gráfico 31.- Efecto ritmo inyección pasta en Rg/seco orujos 2 fases. Campaña 93/94.

que ocasiona un mayor ritmo de inyección, y en consecuencia, una menor disolución de polifenoles.

También es interesante señalar que, altos ritmos de inyección, ocasionaron mayor poder contaminante de las aguas de lavado del aceite. En efecto, en la media de los tres ensayos realizados en la campaña 93/94, el valor de la D.Q.O. pasó de 12.933 en los menores ritmos de inyección a 18.833 en los mayores, consecuencia directa del aumento en 0,4 puntos del residuo seco en el agua de lavado.

4.4.2. Regularidad en la inyección de masa

Tal y como se realiza la inyección de masa, mediante bomba de tipo mono, el caudal de pasta que entra en el decánter sufre fluctuaciones de relativa consideración. Estas fluctuaciones del caudal de masa pueden repercutir en oscilaciones en el nivel de las fases dentro del decánter, rotura de los anillos hidráulicos, etc. y, en consecuencia, ocasionar pérdidas de aceite en los subproductos.

En la actualidad, existen comercializados dispositivos (SCAP, APIS) que, mediante un control por ordenador, permiten conseguir un flujo de la masa inyectada mucho más uniforme, por lo que, en principio, cabe pensar en una mayor homogeneidad en el nivel de las fases.

En un solo ensayo efectuado en la campaña 92/93, con el sistema SCAP trabajando en dos fases, se obtuvo una disminución del R. Graso/seco del orujo de 1,69 puntos, por lo que éste es un tema sobre el que merece la pena seguir trabajando para completar la información.

4.4.3. Regulación de las salidas de aceite

Como ya se ha comentado, la única salida de líquidos que existe en un sistema continuo de dos fases es la correspondiente al aceite. Esta salida está regulada por un diafragma de tamaño variable. Si la apertura del diafragma es pequeña, la distancia al eje de giro del decánter también lo es, por lo que el líquido que sale es el de menor densidad: el aceite obtenido será limpio, pero se corre el riesgo de que parte de la fracción aceite vaya a la fase alpechín y por consiguiente al orujo. Por el contrario, si la apertura del diafragma es grande, también lo será la distancia al eje de giro por lo que, en caso extremo, junto con la fracción aceite saldrá parte de fase alpechín, precisamente la que tiene mayor probabilidad de llevar aceite. Por tanto, el aceite saldrá más sucio, pero es más difícil que se tengan pérdidas de aceite en los orujos.

La apertura más idónea de esta salida o diafragma dependerá del tipo de aceituna, cantidad de masa inyectada, adición de agua, etc.

En la campaña 93/94, se ha realizado un ensayo con aceituna del 43% de humedad y riqueza grasa del 25,34%. Se utilizaron tres aperturas de salida (99, 100 y 101) sin adición de agua y con un 6% de agua inyectada al decánter. Los resultados del R. Graso/

seco de los orujos se pueden ver en el gráfico nº 32. Tanto con o sin adición de agua, la apertura mayor (101) produjo un mejor resultado, estadísticamente significativo.

Por otra parte, el nivel de humedad e impurezas en los aceites a la salida del decánter también varió de manera apreciable (2'45, 2'62 y 3'98 con las salidas 99,100 y 101 respectivamente).

4.4.4. Centrifugación vertical

Los aceites que salen de un decánter de dos fases, tienen una cierta cantidad de humedad e impurezas. La media de 72 muestras analizadas en el C.I.F.A. de Mengibar (Jaén), ha sido del 1,85% de humedad y del 0,54% de sólidos. Para limpiar este aceite, previo paso por tamiz, se utilizan las centrifugas verticales en las que, debido al mayor número de revoluciones a las que giran, permiten separar estos elementos extraños al aceite.

Su utilización (anillo de regulación, periodicidad de descargas, limpieza, etc.) es análoga a las usadas para el aceite en los sistemas de tres fases .

Como ya se ha indicado, sólo es necesario utilizar centrifugas verticales para el aceite. No obstante, es aconsejable disponer de alguna centrifuga vertical para cen-

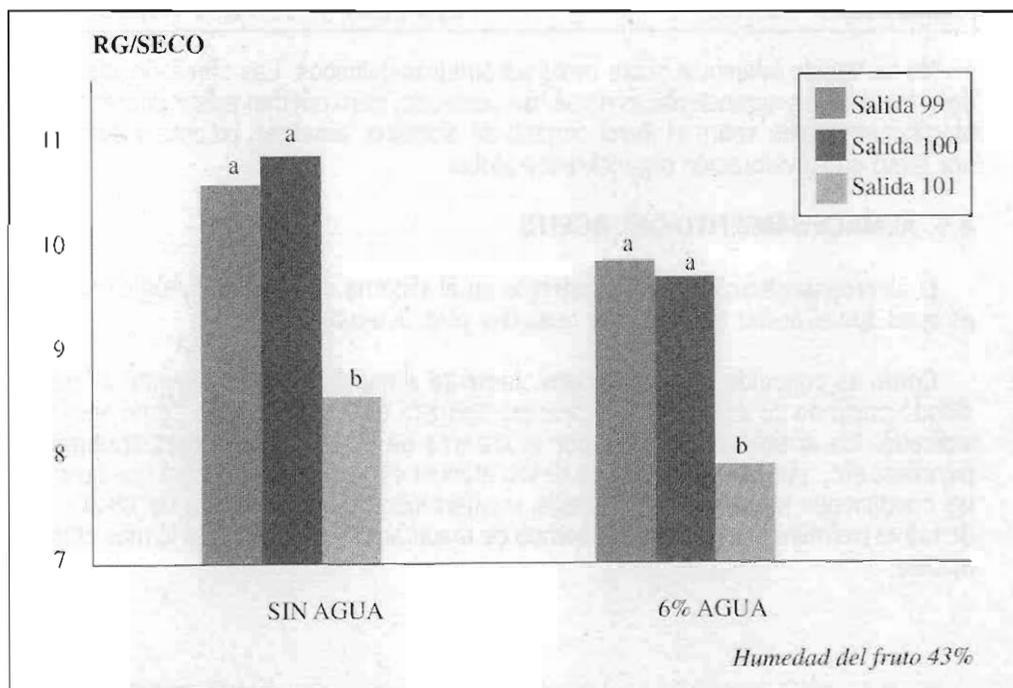


Gráfico 32.- Efecto regulación salida aceite del decánter en Rg/seco orujos 2 fases. Campaña 93/94.

trifugar el agua de lavado (puede ser compartida por varias líneas) y así poder captar las posibles fugas de aceite que por defecto u errores en el funcionamiento de las centrifugas verticales de aceite (rotura del anillo hidráulico, descenso de la temperatura del agua de adición, etc.) pudieran producirse.

Por otra parte, como ya se ha comentado repetidamente, los aceites producidos en el sistema de dos fases tienen un contenido mayor en polifenoles y por tanto un amargor notablemente superior a los de tres fases. La cantidad y la temperatura del agua que se añade a la centrifuga vertical tienen una notable influencia sobre estos parámetros. Los resultados de un ensayo realizado para cuantificar esta influencia, se reflejan en el cuadro nº 11.

Cuadro nº 11.
INFLUENCIA DE LA CANTIDAD Y TEMPERATURA DEL AGUA AÑADIDA EN LA C.V. SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS ACEITES

ACEITE CENTRIFUGA VERTICAL								
Indice	Aceite Decánter	Agua/Aceite Temperatura	1: 1			1,5: 1		
			30	40	50	30	40	50
Polifenoles	605		495	463	444	434	422	411
K225	0,38		0,31	0,30	0,29	0,30	0,28	0,26
Estabilidad	23,10		21,25	21,70	19,05	18,50	18,85	17,30

No ha habido influencia sobre otros parámetros químicos. Las correspondientes determinaciones organolépticas no se han realizado, pero pueden existir diferencias, fundamentalmente sobre el flavor frutado de aceituna, amargor, picante y dulce, y por tanto en su valoración organoléptica global.

4.5. ALMACENAMIENTO DEL ACEITE

El almacenamiento del aceite obtenido en el sistema de dos fases, lógicamente es igual que el aceite obtenido por cualquier otro sistema.

Como es conocido, el aceite, correctamente almacenado, normalmente va perdiendo parte de su amargor en el proceso llamado de "maduración". Como hemos indicado, los aceites elaborados por el sistema de dos fases son más amargos, picantes, etc., por lo que cuando se desea atenuar estos atributos, habrá que cuidar las condiciones térmicas de la bodega, manteniendo una temperatura de 18-20° C de forma permanente, para que el tiempo de maduración del aceite sea lo más corto posible.

5. CONTROL DE LA ALMAZARA CON UN SISTEMA CONTINUO DE DOS FASES

Se decía en el libro “Elaboración de aceite de oliva de calidad”: *en toda industria, es necesario un control sistemático de la calidad de los productos, tanto de entrada como de salida. En el caso de una almazara, el producto que se recibe es la aceituna y los productos resultantes del proceso de transformación son aceite, orujo y alpechín. Este seguimiento analítico de la fabricación es necesario por varias razones, entre otras para:*

- *Conocer el funcionamiento de la almazara y hacer las regulaciones oportunas.*
- *Establecer periódicamente balances cuantitativos de grasas.*
- *Saber la calidad de los productos y poder establecer la estrategia comercial.*

Obviamente, no se hace referencia a otros tipos de controles (de mano de obra, energía eléctrica, etc.) por no ser objeto de esta publicación. El seguimiento que debe hacerse puede dividirse en dos apartados: controles analíticos y controles visuales.

En esta publicación, dedicada a la elaboración de aceite de oliva por el método de centrifugación de dos fases, en primer lugar, se hará una descripción de los controles visuales que pueden aplicarse en este tipo de sistemas.

5.1. CONTROLES VISUALES

Como su propio nombre indica, son aquellos que se aprecian visualmente y, en ocasiones, también por el tacto. Tienen la ventaja de dar una idea instantánea de la bondad del proceso y pueden servir de referencia a la hora de efectuar determinadas regulaciones. Lógicamente este control visual, y la regulación deberán ser confirmados por los correspondientes controles analíticos.

Naturalmente, los controles visuales exigen una cierta experiencia en el proceso de elaboración para interpretarlos según las circunstancias de molturación del fruto.

Los más relevantes son:

- **Aceituna:** Todo maestro de molino debe conocer el tipo de aceituna que entra en la almazara: si está “viva”, grado de madurez, helada, procedencia del suelo o

vuelo, etc. Con el sistema de dos fases, también es interesante apreciar visualmente el grado de humedad, relacionado con los anteriores, y con el grado de arrugamiento del fruto, manchas de alpechín en los remolques, etc.

El tipo de aceituna condiciona la forma de procesarla. Grado de molienda, ritmo de molturación, necesidad del uso de coadyuvantes, etc.

- **Grado de moliendas:** Apreciable por el tamaño de las fracciones de hueso, presencia de trozos de hollejo, etc.

- **Masa de la batidora:** La masa al final de la operación de batido, debe presentar las siguientes características:

- No pegarse a las paletas de la batidora; es decir, cuando la paleta sale de la masa, debe estar limpia.

- Presentar capas de aceite sobrenadando en la superficie.

- Presentar un aspecto diferente al que tenía en el primer cuerpo de batido. En el último, debe ser más oscura y brillante.

- Aspecto granuloso, que se “cuarteá”.

Cuando la masa no presenta este aspecto, puede ser indicio de pérdidas excesivas de grasa en el orujo, debido a diversas causas:

- Aceituna muy fresca.

- Grado de molienda excesivamente fino.

- Temperatura baja en el batido.

- Poco tiempo en el batido (ritmo excesivo de molturación).

- Incorrecto uso de la batidora.

- No usar coadyuvantes o usarlos en pequeñas dosis.

En el sistema de dos fases, también es interesante observar si presenta un aspecto terronoso, señal de baja humedad de la pasta.

- **Orujo:** El orujo que sale de un decánter de dos fases es totalmente distinto al que sale de uno de tres fases. En éste, el grado de humedad se reconoce porque al apretarlo en el puño, sale una cierta cantidad de agua por entre los dedos. En el orujo de dos fases, cuando se aprieta, se escapa de la mano, debido a su diferente estructura.

Sin embargo, un control de su humedad puede observarse en el lugar donde se almacena:

- Si en el punto de caída se forma un cierto cono, es índice de humedad excesivamente bajo, lo que habrá que corregir, en principio, inyectando agua.

- Si no forma cono, y forma una cierta depresión en el punto de caída, puede ser indicativo de humedad excesiva, por lo que habría que limitar la inyección de agua.

• **Salida de aceite del decánter** El aceite del decánter debe salir sucio, pero sin excesiva cantidad de alpechín ni de finos.

Aunque no se ha encontrado una correlación entre la humedad + impurezas del aceite a la salida del decánter y el grado de agotamiento de los orujos, un aceite excesivamente limpio puede significar que parte de la fracción aceite va al alpechín y por tanto, los orujos pueden ir excesivamente cargados de grasa.

Hay que notar que, cuando se añade talco, es normal que el aceite salga más limpio, pero si es excesivo, puede indicar una sobredosificación de talco.

• **Tamices vibratorios.** Debe haber pocos residuos sólidos. En el caso, poco frecuente, en que los haya de forma abundante, puede deberse a inyección excesiva de agua, ritmo de inyección muy elevado o a un diafragma en el salida de aceite del decánter con diámetro excesivo.

• **Salida de aceite de la Centrífuga vertical de aceites.** Debe ser limpio, pero con aspecto algo lechoso. Si sale claro y brillante, significa excesiva temperatura en el agua de adición de la centrífuga, lo que puede provocar oxidaciones y pérdidas de aromas.

• **Salida de agua de lavado de la Centrífuga vertical de aceites.** Debe estar exenta de grasa, lo que se reconoce por no tener un aspecto siruposo. En caso contrario, habría que cambiar el anillo de regulación (por otro con nº más bajo) o elevar la cantidad y temperatura del agua de adición, etc.

En el cuadro nº 12, se hace una comparación de los controles visuales en el sistema de tres y dos fases. Como puede verse, cuando se elabora en dos fases, falta algunos controles (tamices vibratorios y salida de líquidos de la centrífuga vertical de alpechín) que eran fundamentales en el sistema de tres fases. Por ello en el sistema de dos fases los controles analíticos, especialmente el de orujo, son todavía más necesarios y, aspecto importante, deben tener la máxima prontitud en su realización.

Cuadro nº 12
COMPARACION DE CONTROLES VISUALES EN
LOS SISTEMAS DE TRES Y DOS FASES

LUGAR	3 FASES	2 FASES
Aceituna	-Viva, grado de madurez, etc.	-Viva, grado de madurez, etc. -Humedad
Molino	-Grado de molienda	-Grado de molienda
Batidora	-Paletas -Se "cuarteá" -Aceite sobrenadando -Aspecto oscuro y brillante	-Paletas -Se "cuarteá" -Aceite sobrenadando -Aspecto oscuro y brillante
Orujo	-Agua a través de los dedos	-Terronoso -Forma cono -Forma depresión
Salida aceite decánter	-Sucio con pocos finos	-Sucio, con algo de finos
Salida alpechín decánter	-Sin grasa y no muy espeso	_____
Tamices vibratorios	-Discontinuo. Sin papilla	_____
Salida aceite C.V. alpechines	-Sucio	_____
Salida alpechín C.V. alpechín	-Poco espeso, sin pizcos	_____
Salida aceite C.V. aceite	-Limpio, lechoso	-Limpio, lechoso
Salida agua lavado C.V. aceite	-No aspecto graso	-No aspecto graso
Alpechineras	-Espejelos. Sin capas de grasas	_____

5.2. CONTROLES ANALÍTICOS

Sólo trataremos los aspectos específicos referidos al sistema de dos fases, pero es necesario resaltar la importancia de la toma de muestras. Para que el resultado de un análisis tenga utilidad, la muestra debe ser representativa de toda la partida, por lo que debe tomarse con el máximo cuidado.

Los análisis a efectuar son:

- **Análisis de aceituna.**

Tradicionalmente, con el análisis del fruto se pretende conocer el rendimiento graso de la aceituna y, eventualmente, la calidad del aceite contenido en la misma. Como se ha indicado anteriormente, en el sistema de dos fases es importante el conocimiento de la humedad de la aceituna.

Por tanto, la toma de muestra, los métodos de análisis e interpretación de los resultados son idénticos a los utilizados cuando se trabaja en otros sistemas de extracción, con la salvedad que en los métodos en que hay que desecar la muestra (Soxhlet y R.M.N.) debe determinarse también la humedad. En los métodos en los que no es necesario desecar (Abencor, Autelec, Infranalyzer) deberá hacerse una determinación específica de este parámetro.

- **Análisis de aceite.**

Es igual al utilizado cuando se elabora con prensas o con centrifugación de tres fases.

- **Análisis del agua de lavado de los aceites.**

Este análisis permite conocer el contenido graso y el porcentaje de sólidos de este efluente. En general, las pérdidas de aceite que en él se produzcan deben ser de muy poca consideración.

- Toma de muestras: En la centrifuga vertical de alpechines, se tomarán tres submuestras: una después de la descarga, otra, en la mitad del período entre dos descargas y la tercera, poco antes de volver a dispararse.

El control analítico del agua de lavado debe hacerse diariamente y siempre que se observe alguna anomalía.

- Método de análisis e interpretación de los resultados: se hace igual que el sistema de prensas o de centrifugación en tres fases: por el método Soxhlet, utilizando como disolvente éter de petróleo.

El contenido de sólidos no debe sobrepasar el 0,5% y el de grasa del 0,1%.

- **Análisis de orujo.**

A efectos de almazara, se pretende conocer la humedad y contenido graso del mismo a fin de evaluar las pérdidas de aceite habidas y adoptar posibles correcciones.

En el sistema de dos fases, es un control fundamental porque la inmensa mayoría de las pérdidas que se produzcan, irán en este subproducto. Por otro lado, la escasez de controles visuales obliga a la rapidez en su determinación.

- Toma de muestras: En el sistema de tres fases, la muestra de orujo debe tomarse cuando estén mezclados los sólidos procedentes directamente del decánter con los procedentes del tamiz vibratorio.

En el caso de dos fases, normalmente, no hay que tener esta precaución ya que los sólidos del tamiz vibratorio son de escasa consideración.

Es recomendable tomar las muestras, y efectuar las determinaciones, en los orujos de cada decánter. A estos efectos, es práctico hacer una compuerta en el canal de salida que dirige los orujos al espiral de transporte. La muestra deberá estar integrada por submuestras de unos 200 gr. tomadas cada 10 minutos durante 1 hora.

El control analítico del orujo debe hacerse diariamente, como mínimo, y siempre que se observen anomalías.

- Métodos de análisis e interpretación de los resultados: el análisis de orujo debe hacerse por el método oficial Soxhlet, empleando como disolvente hexano, con secado previo de la muestra y molido de la muestra desecada.

El análisis con el método Soxhlet tiene como problema la lentitud: un mínimo de 24 horas.

En determinadas circunstancias, este puede ser un tiempo excesivo. Por ello, se están proponiendo otros métodos que permitan conocer un resultado aproximado en tiempo menor de 1 hora, que deberá ser contrastado con el posterior análisis con el Soxhlet.

Uno de los métodos es el R.M.N. (previamente calibrado con Multipoint) en que la desecación de muestra se haga con un método rápido como puede ser infrarrojos o microondas. Actualmente, está en ensayo la fiabilidad de estos métodos de desecación.

Otros métodos son los que no requieren secado de la muestra (Autelec o Infraalyzer).

En el C.I.F.A. de Mengíbar (Jaén), trabajando con Autelec, se ha conseguido correlación del 99% entre este método y el Soxhlet. En el gráfico nº 33, se representa la recta de regresión del contenido graso sobre número de los dos métodos.

Para determinar aproximadamente la humedad del orujo sin adición de agua, puede emplearse la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Humedad del orujo} = \frac{\% \text{ Humedad aceituna}}{(100 - \% \text{grasa aceituna}) \times c} \times 100$$

$$\text{en que } c = 1 + \frac{\% \text{ grasa orujo}}{100}$$

En el cuadro nº13, se indican los valores límites (métodos Soxhlet) comparativos en los tres sistemas de extracción.

Cuadro nº13
VALORES LÍMITES DE HUMEDAD Y CONTENIDO GRASO DE ORUJOS

	Valor sobre muestra	Valor referido a materia seca	
	% Humedad	% Grasa	% Grasa
Prensas	25-27	6	8
Contenido tres fases	48-52	3	6
Contenido dos fases	55-60	2,5	6

Para la correcta interpretación de estos límites, deben hacerse algunas matizaciones:

Los valores de grasa referidos a materia seca son válidos en la variedad Picual y en circunstancias normales de fruto. Estos valores son inferiores a las medias de las almazaras, pero el hecho de que algunas los consigan, es indicativo de su posibilidad, con un buen funcionamiento.

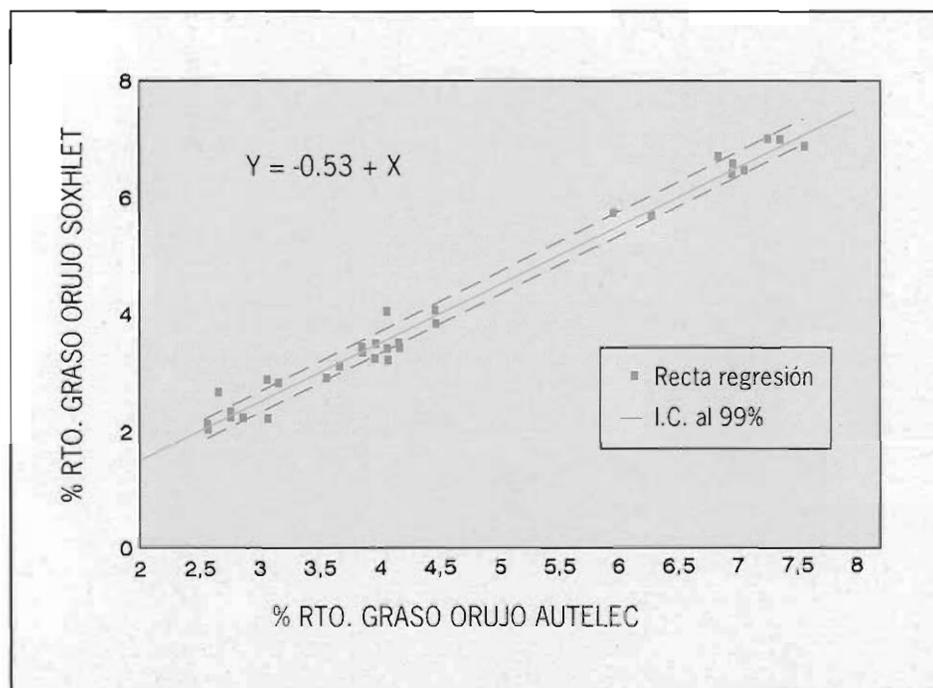


Gráfico 33.- Comparación métodos Autelec y Soxhlet en determinación rendimiento graso orujo. Campaña 92/93.

6. MANEJO Y REGULACIÓN DE UN SISTEMA CONTINUO DE DOS FASES

6.1. MANEJO

En los puntos siguientes, se analiza, de forma somera, el manejo de un sistema continuo de dos fases, trabajando en condiciones normales.

1. Al entrar en la almazara, la aceituna debe separarse en función de la calidad potencial del aceite que pueda proporcionar.
2. Todo el fruto se limpiará de hojas, tallos, trozos de madera, etc. La aceituna que contenga impurezas pesadas (tierra, barro, piedras, etc.) también se lavará.
3. El análisis de la aceituna indicará tanto la humedad como el contenido graso de la misma.
4. La aceituna no deber permanecer almacenada más de 24-28 horas. Si las disponibilidades de fabricación son limitadas, se atrojarán los frutos de peor calidad (suelo, atacadas de mosca, etc.)
5. La criba del molino de martillos debe ser adecuada al tipo de aceituna. En general, de orificios menores que en el sistema de tres fases.
6. El tiempo mínimo de batido efectivo debe ser de 75-90 min. Para obtener aceites de calidad, frotados y de menor amargor, la temperatura de la masa no es conveniente supere los 30° C.
7. En todos los ensayos realizados, el uso de coadyuvantes (talco, enzimas o agua) han resultado beneficiosos para mejorar el rendimiento industrial. El uso de uno u otro, está ligado al grado de dificultad de la pasta y a la humedad de la aceituna.
8. Los coadyudantes se deben añadir con los correspondientes mecanismos automáticos de adición y regulación (dosificador en talco, bomba en enzimas y caudalímetro en agua).
9. Para arrancar la centrifuga horizontal, una vez a régimen, es conveniente adicionar una cierta cantidad de agua antes de inyectar pasta. En la parada, una

vez que se ha dejado de inyectar masa, es necesario adicionar abundante agua (caudalímetros al máximo) para eliminar el resto de líquidos y sólidos del decánter.

10. El ritmo de inyección de pasta al decánter será el adecuado al tipo de aceituna que se esté procesando.
11. El diafragma de salida de aceite del decánter será función del tipo de aceituna, caudal de agua de adición y ritmo de inyección de pasta.
12. El control analítico del orujo es básico en todas las anteriores regulaciones.
13. El tiempo de descarga de la centrífuga de aceites es variable. Tan pronto se vea aceite sucio, debe procederse a la descarga de la misma, cortando previamente la entrada de aceite y aumentando el caudal de agua fría. El momento de hacer la descarga es cuando deja de salir aceite por conducto de salida de éste.
14. El anillo de regulación se aumentará hasta obtener aceites limpios.
15. La cantidad de agua de adición a la centrífuga vertical será menor que el aceite que entra. La temperatura de la misma será de 30-35°C como máximo. Periódicamente, deben limpiarse interiormente.
16. Los tiempos de descarga de las centrífugas verticales del agua de lavado si las hay, deben programarse a más largo tiempo que en la de tres fases.
17. Semanalmente al menos, debe procederse a una limpieza general de la almazara, canalizaciones, etc.
18. Para su almacenamiento, el aceite se separará por calidades. Se procurará controlar las condiciones térmicas de la bodega.

6.2. REGULACIONES

Circunstancias muy diversas, en especial debidas a variaciones del tipo de aceituna, defectos de funcionamiento de las máquinas, etc. puede producir irregularidades en la elaboración.

Los controles analíticos y visuales indican as señales de alarma, cuyas posibles causas y regulación se recogen en el cuadro nº 14.

Cuadro nº 14.- REGULACION DE UN SISTEMA CONTINUO DE DOS FASES

	SEÑAL DE ALARMA EN	POSIBLES CAUSAS	POSIBLE REGULACIÓN
ORUJO		<ul style="list-style-type: none"> • Grado de molienda no correcto. • Poca uniformidad en la inyección. • Escasa apertura salida aceite decánter 	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuar cribas. - Sistemas de optimización. - Ampliar salida diafragma.
	Rg/Seco > 6%	<ul style="list-style-type: none"> • Ritmo de producción excesivo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir tipo producción. - Uso talco y/o enzimas. - Adecuar la inyec. de agua la humed. del fruto. - Sustituir por inyección al decánter.
	Humedad > 55-56%	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de agua de inyección. • Adicción agua a batidora. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inyectar agua en dosis adecuada. - Reducir ritmo de inyección.
AGUA LAV. ACEITE	Humedad < 55-56%	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad aceituna < 43%. • Ritmo producción excesivo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir ritmo de inyección.
	Grasa > 0,1%	<ul style="list-style-type: none"> • Anillo regulación no correcto. • Centrífuga vertical sucia. • Tiempo de descarga excesivamente largo. • Escasa cantidad agua adición. 	<ul style="list-style-type: none"> - Anillo regulación nº inferior. - Limpiar centrímar descargas con más frecuencia. - Programar descargas con más frecuencia. - Aumentar caudal.
ACEITE	Acidez elevada	<ul style="list-style-type: none"> • Aceituna con acidez elevada. • Aceituna atrojada mucho tiempo. • Conducciones de caldos y pozuelos sucios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Procurar reducir el tiempo de atrojado. - Limpiar
	Indice de Peróxidos mayor de 20	<ul style="list-style-type: none"> • Aceituna con aceite alto en peróxidos. • Elevada temperatura de la masa en batido. • Elevada temperatura de adición en centrif. vert. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir temp. a 30°C en masa. Red. ritmo prod. - Reducir temperatura agua adición a 30-35°C.
	Indice de hum. e imp. mayor de 0,2	<ul style="list-style-type: none"> • Centrif. ven. con anillo reg. no correcto. • Centrífuga vertical sucia. • Salida de decánter sucia. • Aceituna fresca. 	<ul style="list-style-type: none"> - Anillo regulación de número mayor. - Limpiar. - Limpiar. - Uso de M. T. N.
	Aceites excesivamente amargos	<ul style="list-style-type: none"> • Alta temperatura de batido. • Alto ritmo de inyección. • Escasa agua adición Centrífuga vert. aceite 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir temperatura batido. - Reducir ritmo de inyección. - Aumentar agua.

7. ELIMINACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LOS SUBPRODUCTOS

En el sistema de elaboración de aceite de oliva por centrifugación de dos fases, los subproductos resultantes son el agua de lavado de los aceites y el orujo (también llamado "alpeorujo"). La comparación de estos subproductos con los obtenidos en el sistema continuo de tres fases se recogen en los cuadros 2 y 3. Estas diferencias hacen que la problemática para su eliminación y aprovechamiento sea distinto, según el sistema de elaboración empleado.

7.1. AGUA DE LAVADO DE LOS ACEITES

El caudal de agua de lavado producido en el sistema de dos fases es, aproximadamente de 1/5 a 1/6 del volumen de alpechín que se produce en un sistema de tres fases, y su poder contaminante, expresado como D.Q.O., de 1/7 a 1/9. En definitiva, el problema de su eliminación ha sido reducido en más de 95%.

No obstante, esta pequeña cantidad de agua con un poder contaminante, comparativamente, reducido, no es posible verterlo a los cauces públicos, según la legislación vigente, si bien su tratamiento es más fácil que el del clásico alpechín.

El contenido de sólidos disueltos en el agua de lavado no alcanza, en términos generales, el 1% (1/10 del alpechín tradicional) quedando el contenido de azúcares reductores prácticamente eliminado.

Por tanto, los métodos de eliminación de alpechines basados en el aprovechamiento de estos sólidos (fabricación de compost, obtención de combustible sólido, depuración integral mediante procesos biológicos) parecen poco adecuados. Incluso el empleo de este agua de lavado como fertilizante, método en el que el C.I.F.A. de Mengíbar (Jaén) lleva trabajando 10 años, parece de poco interés. No obstante, es un buen método para la eliminación de este agua como más adelante comentaremos.

Por el contrario, otros métodos, como la ultrafiltración o la ósmosis inversa pueden tener mayor viabilidad al ser menor el problema de obturación de filtros y membranas.

Sin ánimo de exclusión de cualquier sistema de depuración, los métodos que, hoy por hoy, parecen más viables económicamente para la eliminación de estas aguas de lavado procedentes del sistema de dos fases, dada la estructura de nuestras almazaras, pueden ser alguno de los siguientes (o la combinación de varios de ellos).

- Empleo en la propia almazara:

Parte de este afluente puede emplearse en el lavado de la aceituna o, cuando sea necesario, como agua de inyección al decánter.

No existe investigación precisa sobre estos temas, pero si se lava el fruto procedente del suelo, no parece que la calidad del aceite producido pueda desmejorarse de forma notable. Más problemática parece su utilización como agua de inyección, si bien las últimas referencias (Almirante y col. 1983), indican que cuando se mezcla el alpechín (de tres fases) recién producido y agua en la inyección no desmejora la calidad del aceite. Es más, aumenta en el aceite el contenido en polifenoles y los parámetros con él relacionados (amargor, estabilidad).

En cualquier caso, se emplee en la lavadora o como agua de inyección al decánter, mientras no se disponga de mayor información, es prudente adoptar las siguientes precauciones:

- El agua de lavado debe estar recién producida.

- Su uso se hará exclusivamente con aceitunas que vayan a proporcionar aceites de baja calidad.

- Vertido en balsas para su evaporación.

Una parte importante de las almazaras disponen de balsas de evaporación de alpechines, que, si cumplen la normativa vigente (ubicación, compactación, etc.), pueden ser utilizadas para la eliminación de este nuevo efluente. Algunos aspectos técnicos deben ser tenidas en cuenta:

- No deben llenarse más de 50 cm. para conseguir su evaporación total antes de finalizar el verano.

- Puede ser necesaria la impermeabilización de la balsa. En efecto, el agua de lavado, por su escaso porcentaje de sólidos, no tiene la capacidad de impermeabilización natural del terreno que tenía el alpechín clásico, por lo que puede ser conveniente revestirla de una película de polietileno.

El previsible que los problemas de olores desagradables y mosquitos que tenían las balsas de alpechín, queden notablemente paliados cuando el líquido a almacenar sea el agua de lavado de los aceites.

- Riego.

La cantidad de elementos fertilizantes que tiene el alpechín ha hecho pensar en su utilización como fertilizante. En el C.I.F.A. de Mengíbar (Jaén) se ha estudiado, durante más de diez años, su empleo con resultados altamente positivos.

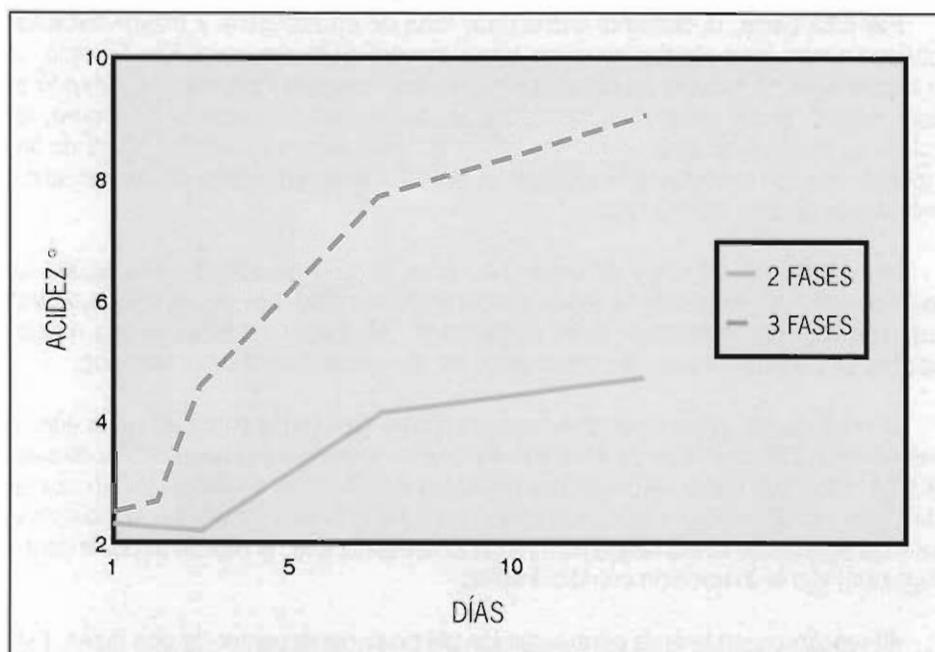


Gráfico 34.- Evolución acidez aceite de orujo de 2 y 3 fases. Campaña 92/93.

El agua de lavado de los aceites tiene escasos elementos fertilizantes como para pensar en su aprovechamiento pero si puede emplearse en el riego, como sistema para su eliminación. De todas formas se debe utilizar en terrenos desnudos (sin cultivo implantado) ya que el contenido en polifenoles (2.500 ppm.) puede resultar fitotóxico. Los cultivos que vayan a instalarse con posterioridad (girasol, maíz, etc.) deben sembrarse dos meses después del último riego.

Otra utilización en riego puede ser para olivar, con una notable menor dilución que el alpechín clásico de tres fases.

7.2. ORUJO

Como se indica en el cuadro nº 3, la cantidad y características del orujo obtenido en el sistema de centrifugación de dos fases son netamente diferentes a los de tres fases.

Al producirse un 60% más de orujo, es necesario dimensionar las tolvas de almacenamiento, la dinámica del transporte, etc., de acuerdo con esta mayor producción, teniendo en cuenta que su densidad aparente (0,9-1 Kg/litro) es mayor que la del procedente de tres fases (0,7 Kg/l).

Por otra parte, la diferente estructura, falta de consistencia y mayor humedad obligan a introducir algunos cambios en su manejo en la almazara. Por ejemplo, su transporte hasta la tolva ha de hacerse mediante tornillos helicoidales, elevadores tipo "redler" o con cintas lisas provistas de raedera en un extremo. Asimismo, las tolvas de almacenamiento deben ser estancas (dan buen resultado las llaves de mariposa), siendo recomendable efectuar el transporte en camiones de caja estanca, remolques de tipo bañera, etc.

Una ventaja de este tipo de orujo, sin secar, es la lenta subida de la acidez del aceite contenido en el mismo: aproximadamente la mitad que en los orujos de tres fases, según puede observarse en el gráfico nº 34. Evidentemente, es una notable ventaja al permitir un uso más prolongado de las instalaciones de procesado.

El orujo de un sistema de dos fases contiene una cierta cantidad de aceite (la media de 1.270 muestras de este tipo de orujos, tomadas a lo largo de la campaña 93/94, han dado como resultado una humedad del 55,16%, contenido graso tal cual del 3,05 y R. Graso/seco del 6,69%). Para la extracción de este aceite, actualmente, se está siguiendo, fundamentalmente, dos procedimientos: el repaso (o doble centrifugación) y/o la extracción con disolventes.

El repaso consiste en la centrifugación del orujo del decánter de dos fases. Esta segunda centrifugación puede hacerse en dos o tres fases. En el cuadro nº 15, se presentan los resultados obtenidos en una Cooperativa de Málaga, observándose una mayor recuperación de aceite obtenido en el sistema de dos fases. En este caso, en que la centrifugación del orujo se efectuó inmediatamente después de producido, se consiguió recuperar un 33% del aceite. En otros casos, en que el orujo ha permanecido almacenado varios días, la recuperación llega a cifras de más del 50%.

La calificación de los aceites procedentes de esta segunda centrifugación es un punto importante a considerar. En el cuadro nº 16 se ofrece el análisis de un aceite de segunda centrifugación procedente de un orujo recién producido. Como puede apreciarse, el contenido en alcoholes grasos superiores (determinación, hoy día, suprimida en la normativa oficial) y el contenido en eritrodiol + uvaol (límite, 4,5) indican una cierta alteración del aceite. Lógicamente, a medida que se retrasa la extracción, la subida de éstos índices analíticos es mayor, apareciendo problemas de ceras cuando el orujo permanece una semana en espera de ser repasado.

Una variante de la doble centrifugación es efectuarla sólo con la pulpa. Actualmente, está en experimentación una deshuesadora en lecho fluido, obteniéndose, aproximadamente un 25% de hueso con poco aceite, y el resto pulpa, que es producto a repasar. Con ello se consigue, por un lado, separar hueso (de mayor poder colorífico) y por otro, disminuir las necesidades de decánter, al someter a doble centrifugación sólo el 75% del orujo (otras ventajas adicionales serían reducir el desgaste de decánter, etc.)

Sea cual sea el procedimiento usado en el repaso del orujo, son necesarios nuevos sistemas continuos, mayor potencia eléctrica, etc. lo que significa inversiones, gastos de elaboración, etc. Esta operación de doble centrifugación puede hacerse bien en la propia almazara, bien en plantas específicas que pueden ser las propias orujeras. La decisión de uno y otro sistema, depende de numerosos factores: dimensión de la almazara, disponibilidades de espacio, maquinaria, etc.

El uso del orujo residual puede ser una extracción mediante disolventes, si su contenido graso así lo aconseja o utilizado como combustible para la producción de energía eléctrica, en las plantas de cogeneración que actualmente se están instalando.

Cuadro n° 15.
CONTROLES DE DOBLE CENTRIFUGACIÓN

	ENTRADA	BATIDORA	DECÁNTER	2 FASES	DECÁNTER	3 FASES
FECHA	H**	G.S.S.*	H**	G.S.S.*	H**	G.S.S.*
16 enero 93	53,20	7,68	-	-	50,83	4,28
27 enero 93	53,85	7,82	-	-	52,95	4,13
31 enero 93	60,00	5,75	-	-	52,24	4,29
2 febrero 93	61,42	5,72	-	-	52,39	4,61
17 febrero 93	61,29	6,05	-	-	54,34	5,06
10 marzo 93	56,29	6,28	58,32	4,35	48,71	4,80
11 marzo 93	53,31	6,14	57,32	3,03	47,34	4,93
12 marzo 93	60,25	6,65	64,43	4,59	48,83	5,18
27 marzo 93	56,43	7,70	59,77	5,31	49,45	6,10
15 abril 93	56,43	6,69	58,86	4,76	48,10	5,95
16 abril 93	53,48	5,67	60,71	4,25	46,71	4,15
Medias	56,90	6,56	59,90	4,38	50,17	4,86

Recuperación media dos fases: 2,18 s.s.

Recuperación media tres fases: 1,70 s.s.

H** : Humedad expresada en tanto por ciento.

G.S.S.*: Grasa sobre seco expresada en tanto por ciento.

Cuadro nº 16
DATOS ANALÍTICOS DEL ACEITE DE ORUJO
PROCEDENTE DE DOBLE CENTRIFUGACIÓN

Grado de acidez (ácido oleico) %	0,5
Humedad y materias volátiles %	0,05
Impurezas insolubles en éter de petróleo %	No contiene
Absorción al U.V. (K232)	1,40
Absorción al U.V. (K270)	0,13
Índice de peróxidos (meq. O ₂ /kg.)	9,7
$\Delta K = f$ (K266, K274)	0,007
Composición en ácidos grasos (% del total):	
C16 (a. palmitico)	10,54
C 16: (a. palmitoléico)	1,02
C17 (a. margérico)	0,04
C17 (a. margaroléico)	0,09
C18 (a. esteárico)	3,94
C18:1 (a. oléico)	77,02
C18:2 (a. linoléico)	6,01
C18:3 (a. linoléico)	0,71
C20 (a. aráquico)	0,31
C20: 1 (a. gadoléico)	0,22
C22:0 (a. behénico)	0,09
Composición en esteroides (% del total):	
Carnpesterol	3,23
Estigmasterol	0,75
Clerosterol	1,04
II-sitosterol	89,17
Sitosterol	0,17
$\Delta 5$ -avenasterol	4,83
$\Delta 5$ 24-estigmastadienol	0,17
$\Delta 7$ -estigmasterol	0,40
$\Delta 7$ -avenaterol	0,22
Δ sitosterol aparente	95,38
β Eritrodiol + uvaol	5,89
Contenido en alcoholes alifáticos (mg/Kg)	2.020
Ácidos grasos saturados en posición de los triglicéridos %	0,76
Trilípidos %	inf. 0,5

Análisis efectuados por el Laboratorio Agrario Regional de Atarfe (Granada).

El sistema de extracción del orujo de dos fases mediante el uso de disolventes en las clásicas orujeras, ha presentado, en algunas campañas, ciertos problemas tanto en el secado como en el proceso de extracción propiamente dicho. Afortunadamente, después de la experiencia acumulada, estos problemas parecen en vías de solución. No se analiza la problemática concreta, de gran complejidad, por no afectar directamente a la almazara.

El método definitivo que se adopte para el aprovechamiento de los orujos de dos fases va a depender de numerosos factores: relación de precios de aceite de orujo-aceite de oliva, funcionamiento real de las plantas de cogeneración en húmedo, etc.

Lo que sí parece necesario es la cooperación entre todos los sectores implicados a fin de que la solución sea la más favorable para el futuro del aceite y del olivar.

