

La situación del tratamiento de alpechines en España

Rafael López Núñez

Jefe del Servicio de Análisis del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla del CSIC. Dr. en Química.

Francisco Cabrera Capitán

Investigador Científico del CSIC, en el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. Dr. en Química.

En la fabricación del aceite de oliva, además del aceite, producto principal y valioso, se obtienen dos subproductos. Uno sólido, el orujo, con cierto valor porque de él todavía puede ser extraída cierta cantidad de aceite residual y ser utilizado como combustible. Otro líquido, el alpechín, constituido por el zumo acuoso de la aceituna y las aguas que son usadas en el proceso de molturación, que no sólo carece de valor sino que además da lugar a importantes problemas de carácter medioambiental.

Un examen de la palabra *alpechín* nos va a proporcionar los primeros datos interesantes sobre el mismo. La Real Academia de la Lengua define el alpechín como el «líquido oscuro y fétido que sale de las aceitunas cuando están apiladas antes de la molienda, y cuando, al extraer el aceite, se las exprime con auxilio del agua hirviendo», dándonos ya a entender lo desagradable de este residuo por el mal olor que se produce durante su descomposición. Da más fuerza a esta característica de maloliente la etimología del nombre: si bien la palabra al-pechín es mozárabe, pechín procede del latín *faecinus* que significa «de la hez». Otros vocablos que se utilizan como sinónimos,

murga, morga y amorca, insisten en tener su origen en una palabra que significa jugo fétido. Un sinónimo más de origen latino, *tinaco*, que proviene de tina, vasija, nos indica cómo el alpechín era depositado en recipientes para evitar su vertido. Y el nombre árabe, castellanizado como *jámila* o *jamila*, nos recuerda que el cultivo del olivo y la industria de su aceite han estado presentes en la Península a través de todas las culturas que aquí se asentaron.

Los problemas que el alpechín origina al medio ambiente

Además de por su mal olor, el alpechín provoca importantes efectos adversos al medio ambiente. Cada



Parcela regada con alpechín, correspondien Geominero.

año, durante los meses que dura la campaña de molienda de la aceituna, no es insólito encontrar en la prensa noticias referentes al envenenamiento de peces en algún río, o a que se multan, e incluso clausuran almazaras que han realizado vertidos a cauces públicos. Este carácter tóxico aparece en el alpechín porque contiene una gran cantidad de materia orgánica, en parte disuelta y en parte en suspensión como pequeñas partículas. La materia orgánica necesita para su descomposición oxígeno, que debe «robar» del que se encuentra disuelto en el agua, y del cual respiran los peces y el resto de los organismos acuáticos. La cantidad de materia orgánica del alpechín se suele determinar por un análisis de laboratorio que se llama Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO o BOD). A título comparativo los valores de DBO para un alpechín recién salido de fábrica suelen estar comprendidos entre 35.000 y 100.000 miligramos de oxígeno por litro de alpechín, mientras que para un agua residual urbana,

de cloaca, suele ser de 200 a 500. Es decir, que el alpechín, si tenemos en cuenta únicamente su materia orgánica —hay otros factores a considerar—, es de 100 a 500 veces más contaminante que el agua del desagüe doméstico.

En algún caso, además de la asfixia de la vida acuática, se ha encontrado en ríos que provienen o atraviesan zonas mineras y que reciben además vertidos de alpechín, que éste ayuda a disolver (movilizar) metales pesados que proceden de las minas, y que también son tóxicos, aumentando la distancia a la que estos metales pueden ser arrastrados aguas abajo.

Un segundo factor a tener en cuenta en lo que respecta a los problemas que el alpechín origina es el de la extensión e intensidad del problema. En la tabla adjunta se muestran los datos relativos a la producción de aceite en la campaña 91-92. Cabe destacar en primer lugar cómo esta producción se centra en los países ribereños del Mediterráneo, por lo que el problema no debe ser con-

siderado como de índole nacional, y en este sentido la Comunidad Europea ha financiado y financia importantes proyectos de investigación y desarrollo (I+D) encaminados a aportar soluciones. Y en segundo lugar, el problema es más grave en Italia, Grecia y España, por ser los países con mayor producción, y dentro de España en Andalucía, donde se concentra en mayor medida la actividad del sector. Se estima que por cada kilogramo de aceite se originan 5-6 litros de alpechín por lo que anualmente se producen en Andalucía de 2 a 3 millones de metros cúbicos del mismo. Esto equivale a la contaminación generada por las aguas residuales de una ciudad con 10.000.000 de habitantes.

Producción de aceite en la campaña 91-92 (en tm)	
Italia	620.000
España	576.000
Grecia	352.000
Túnez	250.000
Turquía	60.000
Portugal	40.500
Mundial	2.059.500

Las soluciones

Resulta evidente, a la vista de lo expuesto hasta aquí, la necesidad de aplicar al alpechín algún tratamiento que minimice los riesgos de impacto ambiental, tanto más, cuanto que la normativa comunitaria en materia de aguas residuales (Directiva 76/464), que España ha de aplicar, recoge un valor máximo de DBO de 300 para el vertido a cauces públicos. Conseguir tal reducción, de 35.000-100.000 hasta 300 va a requerir por lo general sistemas de tratamiento con varias etapas sucesivas en las que se vayan logrando reducciones paulatinas de la DBO (y de otros parámetros como los contenidos en nitrógeno, fósforo, corrección del pH, etc). Se dan así diferentes posibilidades de combinación entre los también diversos métodos de depuración que es posible utilizar, de modo que ante un industrial del sector que pretenda implantar un sistema de depuración se abre un amplio abanico de alternativas, unas aplicables en condiciones más generales, otras sólo para condiciones particulares (caudales producidos, prensas de sistema clásico o continuo, localización geográfica, posibilidad de terrenos próximos a la fábrica y por supuesto, disponibilidades económicas). En Italia, país en el que se ha reali-



Se a un proyecto de depuración de alpechines por el terreno del Instituto Tecnológico

zado un importante esfuerzo investigador encaminado a desarrollar y evaluar estos sistemas se censaron hace unos años hasta 80 diferentes. En España, donde también se ha desarrollado una importante labor de I+D en este mismo sentido, empresas privadas, instituciones públicas de investigación (diversas Universidades, varios Institutos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, el Instituto Tecnológico Geominero) y otros organismos gubernamentales (MOPU, Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Agencia de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía) están actualmente comprometidos en el perfeccionamiento y puesta a punto de soluciones viables dentro del marco concreto de la situación del sector en nuestro país.

Antes de entrar en una breve descripción de cada uno de los métodos propuestos conviene aclarar lo siguiente: en muchos de los métodos de tratamiento se obtiene por una parte un concentrado o lodo en el que se acumula la materia orgánica y los otros componentes del alpechín, y por otra parte, agua, con mayor o menor carga contaminante según el procedimiento en concreto de que se trate. En otros casos se obtiene también gas combustible. Un sistema de depuración debe contemplar la posible reutilización de estos productos. Así, debe estar previsto que el agua pueda ser incorporada de nuevo a algún proceso de fábrica (como al lavado de las aceitunas, como agua de caldera) o que se use en riego agrícola. Los concentrados o lodos serán usados en alimentación animal, como fuentes de productos de interés (colorantes, farmacéuticos) o como base para la fabricación de compost o fertilizantes orgánicos. Si se obtiene gas combustible, debe ser utilizado como fuente energética. Esta reutilización es fundamental. Desde un punto de vista estrictamente «ecologista» supone cerrar los ciclos del agua, de la materia orgánica y las sales fertilizante del alpechín. Hemos transformado así un residuo peligroso para el medio ambiente en productos favorables: agua en condiciones de ser utilizada, materia orgánica muy necesaria para los suelos, etc. Pero es más, desde un punto de vista económico, esta reutilización puede ser el único aporte positivo al proceso de depuración, primero, por el valor añadido que es posible obtener de estos subproductos, y segundo porque eliminamos

a su vez el coste para desprenderse de ellos (por ejemplo de los lodos). A pesar de esto, difícilmente es posible pensar, en la actual situación, que estos beneficios económicos puedan llegar a compensar los costes.

Hechas estas salvedades se describen a continuación los métodos de tratamiento del alpechín con los que se puede contar en la actualidad.

La contaminación por alpechines equivale en Andalucía a la generada por las aguas residuales de una ciudad de 10 millones de habitantes.

El lagunamiento

En las décadas de los 60 y 70 se produce una transformación en el sector de fabricación del aceite de oliva; se da una tendencia a pasar de pequeños molinos a factorías cada vez mayores, a la par que una mejora en las técnicas de cultivo del olivo que origina producciones también cada vez mayores. Estos factores determinan un agravamiento (por aumento de la cantidad y de la intensidad) de la contaminación producida por alpechines, lo que lleva a la administración a comienzos de los 80 a prohibir el vertido, a la vez que arbitrar medidas, principalmente por la concesión de subvenciones, para la construcción de balsas. En estas balsas o alpechineras se deposita el alpechín durante los meses de campaña de modo que el resto del año la acción solar favorece la evaporación del agua, quedando la balsa, al comienzo de la siguiente campaña, en condiciones de volver a ser llenada. Sin embargo, aunque en aquel momento esta solución era la única factible no se evitaron totalmente los problemas: —por mala construcción o mala impermeabilización de las balsas que da lugar en algunos casos a filtraciones que contaminan el agua subterránea.

—porque generan malos olores y mosquitos que pueden afectar a núcleos de población cercanos.

—porque en campañas punta o en caso de cambio del sistema de molienda clásico por el continuo (que gasta más agua) su capacidad puede verse superada.

—porque hace falta una superficie relativamente grande ya que las balsas no deben ser excesivamente profundas.



Balsas de evaporación de alpechines con

Aún así, no se debe pensar que la balsa sea siempre una solución poco efectiva. Cuando se disponga de terreno suficiente y adecuado (impermeable o impermeabilizado) para su instalación, y cuando se ubique en un lugar donde no afecte a la población puede ser perfectamente válida, y en muchos casos es necesario contar con al menos una pequeña balsa como sistema regulador del caudal para otro sistema. Es por ello que se han desarrollado procedimientos para acelerar la evaporación en las balsas aplicables en los casos en los que su capacidad pudiera llegar a ser insuficiente.

La *hidrobomba eólica*, es una bomba flotante que es accionada

por efecto del viento. Un aspersor distribuye el alpechín como pequeñas gotas, en las que por una parte el líquido se evapora más rápidamente, mientras que por otra, al caer sobre la superficie rompen la capa de grasa que se suele formar sobre las balsas impidiendo la evaporación natural.

La evaporación por medio de paneles, consiste en pulverizar el alpechín sobre unas superficies, a modo

de los anteriores problemas la contaminación que podría producirse en acuíferos subterráneos por lavado del alpechín desde suelos con cierta permeabilidad a las capas freáticas.

neos el uso del alpechín como fertilizante. Sin embargo, y aunque la aplicación del líquido directamente puede resultar atractiva, pues así se aprovecharían con un mínimo coste el agua, la materia orgánica y las sales minerales (con nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio) presenta ciertos problemas que derivan de: —La concentración salina del alpechín que puede originar problemas de salinización en los sue-

Alternativamente a la aplicación agrícola directa encontramos el *compostaje* previo del alpechín con otros residuos (restos de poda, pajas o bagazos de cereales, orujo desengrasado, estiércoles, etc.). Este compostaje se realiza regando con alpechín alguno, o mezclas, de los productos mencionados. Bajo ciertas condiciones de humedad, temperatura y aireación se produce en la mezcla un proceso de transformación y estabilización de la materia orgánica, que suele durar entre uno y dos meses. Se obtiene así un abono o enmienda orgánica, que se conoce con el nombre de compost, y que ya no presenta los problemas que se han enumerado antes para el alpechín crudo. Se está estudiando actualmente el compostaje del alpechín con otros subproductos abundantes en las zonas donde se cultivan olivos de modo que se puedan establecer las condiciones óptimas de humedad, temperatura y aireación que hagan que el proceso se de con la máxima rapidez y seguridad.

Este compostaje es posible realizarlo también con los lodos o los concentrados de alpechín que se obtienen de las balsas o de los otros sistemas de tratamiento y que generalmente van a plantear, si se quieren usar directamente, los mismos problemas que el alpechín crudo. En los casos en los que estos compost, que de hecho se comercializan, han sido utilizados se han obtenido muy buenos resultados.

El proceso de compostaje también ha sido aplicado con éxito a otros residuos, entre los que cabe destacar las basuras o los lodos de depuradoras urbanas.

Un tratamiento relacionado con la aplicación agrícola, aunque planteado con distinta filosofía, es el vertido sobre el suelo para, haciendo uso de la capacidad depurativa de éste, descomponer el alpechín. Este procedimiento (que se denomina en inglés *land treatment*) no pretende como en el caso anterior (en inglés *land reuse*) aprovechar el alpechín como fertilizante, sino meramente verterlo en condiciones controladas, y por tanto no es necesaria la participación de un cultivo. Requiere únicamente contar con una pequeña extensión de terreno llano próxima



el lodo extraído de las mismas en primer término.

de panal de abejas, colocadas en vertical en los bordes de las balsas. En estos paneles, a igualdad de superficie, la evaporación es hasta 40 veces mayor que en las balsas.

Sea la balsa sola, o con los aditamentos señalados, quedará un lodo, por lo que va a ser necesario una limpieza periódica para evitar una disminución de su volumen efectivo.

Los métodos con utilización agrícola

La aplicación agrícola del alpechín fue ya preconizada desde antiguo. Marcus Porcius Cato (248 adC), Columella (s I dC), Abu Zacaría (1.148) o Alonso de Herrera (1.513) recomendaban a sus contemporá-

los y quemaduras en los cultivos. —La presencia de polifenoles en el alpechín, compuestos orgánicos que como característica más relevante presentan la de ser fitotóxicos. Pueden dar lugar a malos nacimientos de cultivos, quemaduras, etc. —Posibles problemas de inmovilización de nitrógeno o de inhibición y retardo del proceso de nitrificación en el suelo (que convierte los compuestos orgánicos nitrogenados en nitrato asimilable por las plantas) lo que daría lugar a «hambre» de nitrógeno en los cultivos.

Si bien la *aplicación agrícola directa* del alpechín no es imposible, si resulta un tanto complicada en la práctica, debiendo estar sometida a un estricto control que evite además

a la factoría (una hectárea podría depurar más de 5.000 m³ de alpechín por año), un estricto control de las dosis de riego para adecuarlas a la capacidad de infiltración del terreno y evitar escorrentías y encharcamientos y unas determinadas características hidrogeológicas de la zona donde se produce el riego (capas freáticas profundas e impermeabilizadas) que garanticen la no contaminación de las aguas subterráneas. En los ensayos realizados se han obtenido hasta el momento resultados muy prometedores.

Los tratamientos químicos

La adición de reactivos químicos al alpechín se realiza generalmente con el fin de acondicionarlo para alguno de los otros procesos que citamos a continuación, aunque, paralelamente a esta preparación puede obtenerse una reducción significativa en la DBO. Se pueden citar como tratamientos químicos:

—La adición de reactivos que modifican el pH del alpechín, generalmente para hacerlo neutro.

—La adición de nutrientes minerales con objeto de facilitar el crecimiento microbiano cuando se van a emplear métodos biológicos de tratamiento.

—La adición de coagulantes y floculantes que favorecen la formación de agregados de las partículas en suspensión y de parte de la materia orgánica en disolución, para a continuación separar estos coágulos por filtración, sedimentación o centrifugación. Se consigue así clarificar el líquido y una reducción significativa de la DBO.

Los tratamientos biológicos

Se agrupan bajo esta denominación aquellos métodos que hacen uso de seres vivos (bacterias y hongos) que, siendo capaces de vivir en el alpechín, consumen para su alimentación y desarrollo la materia orgánica y las sales minerales del mismo. Este tipo de tratamiento es el que se suele utilizar en la depuración de las aguas residuales urbanas.

Se suelen clasificar como:

Tratamiento biológico anaerobio, o biometanización, que se produce sin la presencia de oxígeno (aire). Suele ser aplicado cuando la DBO del alpechín es todavía elevada, es decir, es un paso de los iniciales dentro de una cadena de procesos. Origina como productos secunda-

rios gas metano (que es combustible y puede ser reutilizado), lodos, y un efluente líquido que suele tener aún una DBO relativamente elevada por los que es necesario aplicar al menos otro proceso de los que describimos.

Tratamiento biológico aerobio, que se da en presencia de oxígeno, bien por el mero contacto con el aire, bien por un burbujeo forzado. Al contrario del anaerobio suele aplicarse cuando la DBO ya ha sido considerablemente reducida previamente. Así, puede servir como paso final de un proceso de tratamiento en el que ya han sido aplicados otros métodos. También genera lodos.

Los lodos obtenidos en estos tratamientos, que están formados por los organismos (bacterias y hongos) y sus productos de descomposición, pueden ser reutilizados, además de como fertilizante, en alimentación animal o como fuente para otros productos más valiosos.

Existen hoy día tratamientos biológicos integrales del alpechín, en estado de funcionamiento a escala industrial, que aplicando secuencialmente estos procedimientos consiguen una depuración hasta límites aceptables.

Los tratamientos biológicos presentan en general los siguientes inconvenientes:

—Elevados tiempos de residencia del líquido en el sistema, debido a que es necesario que crezcan y actúen seres vivos.

—Estricto control necesario en ciertas variables operativas (pH, temperatura) para conseguir el máximo desarrollo microbiano.

A pesar de estos problemas es previsible que este tipo de métodos alcancen un elevado grado de efica-

■

**Actualmente
se están
desarrollando
tecnologías que
además de
minimizar el
impacto ambiental
pueden generar
otros valores
añadidos.**



Cultivo de ajos regado con alpechín.

cia e implantación. La investigación en biotecnología permitirá seleccionar y obtener organismos cada vez más específicamente adaptados a vivir y desarrollarse en el alpechín (y en otros residuos líquidos y sólidos).

Las tecnologías de membranas

Se incluyen aquí los métodos de ultrafiltración y ósmosis inversa.

En la *ultrafiltración* se utilizan membranas que separan moléculas grandes (de pesos moleculares entre 1.000 y 100.000), es decir, que separan componentes orgánicos del alpechín. Si bien se ha intentado aplicar este procedimiento al alpechín crudo resulta problemático pues éste contiene sustancias impermeabilizantes que hacen que estas membranas funcionen mal. Si se han obtenido resultados positivos aplicándolas a efluentes que ya han sufrido algún tratamiento previo (por ejemplo químico), con la ventaja de que los componentes que se separan (polialcoholes, polifenoles, colorantes, antibióticos) pueden tener otra utilidad.

En la ósmosis inversa se utilizan membranas de pequeño tamaño de poro, que dejan pasar a su través el agua, pero no otros componentes, como pueden ser las sales minera-



origina como principal inconveniente un elevado coste.

El sistema de dos fases

El sistema de dos fases no es estrictamente hablando un sistema de depuración de alpechín, sino un sistema de molienda en el que éste no se produce, debido a que sale incorporado con el orujo. Este proceso, recientemente desarrollado con intervención de una empresa española, ha despertado un enorme interés en las empresas aceiteras por las indudables ventajas del mismo, y ha sido ya instalado en varias fábricas. Aún así, presenta el inconveniente de que al salir el orujo contaminado por el alpechín, y por tanto más húmedo, la extracción del aceite de orujo que requiere un secado previo resulta más costosa y más complicada técnicamente. Así, los orujos producidos no son aceptados por las extractoras, con lo que nos encontramos con un nuevo residuo, el orujo de dos fases, para el que será necesario estudiar nuevas soluciones. Se trabaja activamente en buscar las soluciones técnicas para el secado del orujo, y es posible que se alcancen resultados satisfactorios a corto plazo. Si esto no fuera así, el compostaje de estos orujos sería otra posible vía de solución. En cualquier caso, el sistema de dos fases ha supuesto una auténtica revolución dentro del sector del aceite y podría condicionar de manera decisiva la evolución futura del mismo.

La situación que hemos planteado hasta aquí no es radicalmente distinta de la que se da para cualquier actividad humana: vivimos en una sociedad que tira basuras, residuos de todo tipo, sin hasta el momento, haber tenido en cuenta que, al menos algunos componentes de los que tiramos son recursos escasos y limitados. Pensemos por ejemplo en el agua que se tira con el alpechín, y en la escasez creciente de ésta. Depurar este agua es hasta ahora únicamente un imperativo legal, pero en el futuro poder reutilizarla será una necesidad que la sociedad tendrá que imponerse (se dice que en Israel el agua es reutilizada hasta 4 veces antes de perderse). En el caso que nos ocupa, los medios para ello están al alcance de la mano, existe una tecnología en situación de ser aplicada de forma intensiva. Sólo es necesario que consumidores y productores afronten los gastos que son necesarios, y que la administración facilite las vías para ello.

les del alpechín. Este proceso resulta adecuado sólo como paso final del tratamiento, cuando ya se ha conseguido rebajar la DBO hasta una cifra del orden de 1.000. Permite obtener por un lado agua, con una calidad incluso de potable, y por otro lado un concentrado o rechazo con posible uso como fertilizante en sistemas de riego localizado.

Al igual que ocurre con los procesos biológicos, las tecnologías de membrana están en constante desarrollo, por lo que es posible que se consigan mayores éxitos en su aplicación.

La concentración térmica

En los procesos de concentración térmica se somete al alpechín a calentamiento y/o vacío de modo que destila el agua, con un arrastre de las moléculas más volátiles (alcoholes, ácidos orgánicos de cadena corta) por lo que el destilado presenta todavía cierta carga orgánica y es necesario aplicar a continuación otro proceso (tratamiento biológico aerobio, ósmosis inversa). Se obtiene también un concentrado, susceptible de ser empleado como aditivo para piensos o como fertilizante después de compostaje.

Existen procesos de concentración térmica monoetapa, cuando la

evaporación se da en un sólo paso, y multietapa, en los que el calor generado en un paso se aprovecha en otro, de modo que el rendimiento energético es mayor.

Los equipos para este tipo de procesos son comercializados por varias empresas y han dado excelentes resultados, no sólo para el alpechín sino para otros residuos (por ejemplo vinazas de azucareras).

La resonancia magnética

Es éste un procedimiento que, aunque hasta el momento no ha sido empleado con el alpechín más que a escala de laboratorio, merece ser comentado por su aplicabilidad, en principio, a cualquier efluente líquido. En este sistema la estructura de las moléculas presentes en un líquido es analizada, y en función de ello el líquido se somete a campos electromagnéticos que alteran las propiedades de sus componentes favoreciendo su precipitación y por tanto, su posterior separación. Este proceso, según la complejidad del líquido en cuestión puede ser realizado en una o en varias etapas sucesivas. En ensayos realizados con alpechín ha sido necesario utilizar tres etapas, lo cual