



Investigación sobre eliminación de residuos líquidos de la fabricación de aceite («alpechines») mediante su infiltración en suelos margo-calizos

El presente artículo constituye un resumen del trabajo presentado a la FUNDACION MAPFRE, como resultado final de la investigación desarrollada durante el año 1990 a raíz de una beca concedida en su Convocatoria 1989 para trabajar sobre «Investigación sobre eliminación de residuos líquidos de la fabricación de aceites («alpechines») mediante su infiltración en suelos margo-calizos».

ENRIQUE DUPUY DE LOME
ANDRES MARTINEZ BORDIU
Dres. Ingenieros de Minas (Madrid)

SUMARIO

El vertido de efluentes líquidos de la industria, ya sea directamente a los cauces o cursos de agua o indirectamente a través del alcantarillado, es uno de los factores que más contribuyen a la degradación ambiental.

La molturación de la aceituna da lugar a un subproducto llamado «alpechín», de fácil fermentación y alto poder contaminante.

Los autores estudian e investigan este problema para buscar soluciones que sirvan como instrumento en la depuración y eliminación de estos vertidos.

Palabras clave: medio ambiente, fabricación de aceites, residuos líquidos, depuración.

PREAMBULO

Los efluentes líquidos procedentes de los núcleos de población de la agricultura y de la industria constituyen hoy día uno de los más poderosos agentes contaminantes y están provocando graves trastornos ecológicos en los países desarrollados, además de la degradación de muchos de los grandes ríos, de los lagos y del mar en las zonas litorales.

La depuración de los residuos líquidos constituye, a lo largo de los últimos años, una de las preocupa-

ciones mayores en la política de protección del medio ambiente

Son muchas y muy eficaces las soluciones adoptadas hasta la fecha por las comunidades urbanas y por la industria para la depuración de sus residuos líquidos, pero falta todavía mucho por hacer, y la contaminación por causa de los efluentes líquidos continúa siendo muy importante.

Entre las razones a que se debe el retraso en la implantación de instalaciones de depuración de efluentes destacan: su elevado precio, los altos costes de operación y mantenimiento y la inevitable producción, en casi todos los procesos de depuración artificial, de fangos o lodos como residuo final, siendo dichos fangos o lodos, a su vez, de eliminación costosa y difícil.

Las prácticas de vertido a cauces y ríos o a las redes de alcantarillado están muy restringidas, pero su comprobación no es, a veces, sencilla, y la realidad es que siguen produciéndose.

Como consecuencia de lo anterior, en Estados Unidos han adquirido gran desarrollo, a lo largo de los últimos decenios, las técnicas del *Land Treatment* para la depuración natural de los efluentes líquidos; es decir, la incorporación de estos efluentes al subsuelo, siendo sometidos allí a la depuración natural, física, química y biológica por parte del mismo, y en condiciones tales que se pueda disponer de garantía absoluta de que no existe riesgo alguno de contaminación de aguas superficiales o subterráneas.

En las grandes zonas olivareras se presenta desde hace muchos años el grave problema de la eliminación de los residuos líquidos denominados *alpechines*, que se producen en la fabricación del aceite de oliva.

Se trata de líquidos enormemente contaminantes, de naturaleza oleaginoso, color negro y olor fétido, cuya presencia es manifiesta durante las campañas de molturación de aceituna.

La depuración de estos residuos ha sido intentada muchas veces, por procedimientos físico-químicos o térmicos, sin éxito hasta la fecha, en gran parte a causa de la falta de viabilidad económica de los procesos.

En las cuencas olivareras españolas, la solución últimamente adoptada, ante la prohibición de su vertido a los ríos, que es lo que tradicionalmente se venía practicando, ha sido almacenar estos residuos en balsas superficiales de decantación y evaporación; se trata, sin embargo, de una solución provisional, que no puede ser practicable a largo plazo.



Cultivo hortícola en suelos sin infiltrar de alpechín.

La aplicación de las técnicas de *Land Treatment* a la eliminación de los alpechines podría ser una solución eficaz y económica, por lo que su investigación deberá abordarse con urgencia, y éste ha sido el objeto del presente proyecto.

Se ha pretendido con él llevar a cabo, en primer lugar, un estudio teórico sobre la tecnología del *Land Treatment* y su aplicación al caso de los alpechines y realizar a continuación una campaña de ensayos en unidades piloto, en la que pudieran ser reproducidas, hecha la corrección de es-

calas, las condiciones y parámetros vigentes en la producción de alpechín en una campaña normal de molturación de aceituna.

Se consideró que los resultados obtenidos con estos estudios y con la campaña experimental en las unidades piloto podrían servir de base para la realización, en un proyecto posterior y diferente, de una demostración a escala natural, la cual, a su vez, podría constituir el precedente para la explotación industrial del proceso.

La investigación del problema y la viabilidad teórica de la solución propuesta aconsejaban, sin duda alguna, la realización del estudio y de la campaña de experimentación propuesta.

La depuración de los residuos líquidos constituye, a lo largo de los últimos años, una de las preocupaciones mayores en la política de protección del medio ambiente.

RECOPILACION

La primera parte del estudio ha consistido en la recopilación de información referente tanto a proyectos de *Land Treatment* existentes en España y en los países de la Comunidad Europea como a las investigaciones teóricas relacionadas con la acción depuradora del subsuelo sobre los efluentes líquidos.

Esta información, escasa en Europa, ha sido eficazmente completada con la muy extensa, tanto en proyectos realizados como en curso, procedente de los Estados Unidos, donde la tecnología del *Land Treatment* ha adquirido un gran desarrollo en los últimos años. Para la obtención de este conjunto de información hemos obtenido valiosa ayuda del Instituto Tecnológico Geominero de España, de la Secretaría General del Medio Ambiente, del MOPU, de la Dirección Ge-

neral de Obras Hidráulicas —también del MOPU—, del Instituto Español de Edafología y Biología Vegetal, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, de la Dirección General del Medio Ambiente, de la Comunidad de Madrid y de la Dirección General de Industria y Energía de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha. Asimismo hemos recibido ayuda, en dos viajes realizados a Bruselas, de las Direcciones correspondientes de la Comunidad Europea, y concretamente de los servicios encargados de la gestión de los programas medioambientales, denominados MEDSPA, ENVI-REG, ACMA y STEP.

Por último, expresamos nuestra gratitud al profesor Wallace H. Fuller, de la Universidad de Tucson (Arizona), una de las primeras personalidades mundiales en la tecnología del *Land Treatment* y autor, entre otros, del libro *Soils in Waste Treatment and Utilization*, que constituye una aportación fundamental a esta investigación.

Como consecuencia de esta labor, hemos podido confeccionar una nutrida lista bibliográfica sobre *Land Treatment*, que forma parte del capítulo correspondiente de la Memoria explicativa de nuestra investigación.

ESTUDIOS TEORICOS SOBRE LA INTERACCION FISICA, QUIMICA Y BIOLOGICA ENTRE EL EFLUENTE Y EL TERRENO

El sistema de *Land Treatment* está basado en la interacción física y química

Las prácticas de vertido a cauces y ríos o a las redes de alcantarillado están muy restringidas, pero su comprobación no es, a veces, sencilla, y la realidad es que siguen produciéndose.

entre los componentes del líquido efluente y del terreno infiltrado, y en la acción biológica de los microorganismos que pueblan el subsuelo sobre las materias contenidas en el líquido efluente.

No es posible en este resumen extenderse en la descripción de esta triple acción física, química y biológica. Nos limitaremos por ello a enunciar que en la acción física intervienen la porosidad, la permeabilidad y la transmisibilidad del subsuelo y las características climáticas de la zona, especialmente la pluviometría y la evaporación o evapotranspiración. Entre las acciones que constituyen este proce-

so, de naturaleza física, destacan: el filtrado, la coagulación y la floculación de las materias contenidas en el efluente y la adsorción física sobre las partículas del subsuelo. Entre las acciones químicas destacan: los procesos de precipitación-disolución, la adsorción e intercambio iónico y la oxidación-reducción. La acción biológica de los microorganismos presentes en el subsuelo es extraordinariamente compleja y presenta, además, carácter selectivo en función de las distintas materias componentes del mismo y del líquido efluente. Es asimismo extraordinariamente versátil y se desarrolla con creciente intensidad conforme se incrementa la presencia en el subsuelo de mayores colonias de aquellos microorganismos que actúan selectivamente sobre las sustancias que el líquido infiltrado va incorporando al terreno.

Entre los procesos que la acción biológica provoca en el subsuelo destacan, entre otros muchos, los siguientes:

- Descomposición de residuos orgánicos.
- Transformación de compuestos orgánicos nitrogenados en compuestos minerales nitrogenados, y de éstos en nitrógeno inerte.
- Oxidación-reducción en los elementos metálicos contenidos en el líquido infiltrado.
- Producción de CO₂ y formación consiguiente de ácido carbónico.
- Producción de metano, hidrógeno-monóxido de carbono y ácidos orgánicos simples a partir de los compuestos orgánicos.
- Producción de asociaciones moleculares capaces de absorber trazas de elementos contaminantes presentes en el líquido infiltrado.
- Producción de compuestos orgánicos complejos capaces de reaccionar con los constituyentes del líquido infiltrado, etc.

Esta triple acción física, química y biológica tiene lugar asimismo en la depuración de los alpechines infiltrados en el subsuelo, y así ha podido comprobarse a través de los análisis del alpechín y del terreno efectuados a lo largo de la investigación objeto del presente resumen.

LOS PARQUES DE INFILTRACION CONTROLADA Y LAS UNIDADES PILOTO

Las características y dimensiones de un parque de depuración natural por infiltración somera controlada vienen definidas por las condiciones cli-



Plantación hortícola en la unidad cúbica después de recibir 1.000 litros de alpechín.



Unidad cúbica de infiltración.

máticas de la zona y por la naturaleza del subsuelo, así como por la composición del líquido efluente.

Una constante necesaria a todo parque de infiltración es la seguridad de que no va a producirse contaminación alguna de aguas superficiales o subterráneas. Este resultado se alcanza bien por la depuración completa —en el interior del parque de infiltración— del líquido efluente o bien por la seguridad de que la totalidad del líquido correspondiente a cada campaña impregna el volumen de formación geológica y es evaporada, sin que se produzca percolación alguna del líquido infiltrado, ya sea lateral o en profun-

didad, fuera de los límites en volumen del parque.

Es este último concepto el que se ha utilizado en el caso de la depuración natural de alpechín, y en consecuencia hemos diseñado las características y dimensiones teóricas de un parque de infiltración que tuviese en cuenta la producción diaria, por campaña de alpechín en una fábrica media de la región olivarera de Andalucía, las características climáticas de la zona y las constantes de porosidad y permeabilidad, tanto de la localización teórica del parque como de la zona superficial del mismo que se supone escarificada hasta la profundidad de un metro.

En función de estos parámetros se ha diseñado un parque teórico de infiltración cuyas características esenciales se describen en el «Informe».

A continuación hemos construido unidades piloto para experimentación en las que fuera posible reproducir, a escala, las operaciones de riego, infiltración y secado de alpechín que tendrían lugar en el parque de depuración. Se trata de una unidad cúbica de un metro cuadrado de superficie y de una unidad tubular de 314 cm² de superficie y cuatro metros de altura, ambas con desagüe inferior para la recogida del líquido percolante.

OPERACIONES DE INFILTRACIÓN Y SECADO

En estas dos unidades piloto se han realizado las operaciones de riego, infiltración, evaporación y secado del

alpechín correspondientes a una campaña de molturación de aceituna de 80 días de duración.

En la unidad cúbica, la dotación media diaria de riego con alpechín ha sido de 13,3 l/m². La porosidad de la formación infiltrada fue del 35 por 100, y la permeabilidad, de 5 a 10 ml/día. La evaporación media diaria en la época del ensayo se ha cifrado en 6,6 l/m², y la pluviometría media, en 2,6 l/m² y día. La percolación obtenida fue de 3,8 l/m² y día. En la unidad tubular, la dotación media de riego fue de 0,38 l/día, manteniéndose los mismos parámetros de porosidad y permeabilidad y análogos datos climáticos.

La conducción de las operaciones tuvo la misma duración (80 días) que la campaña de molturación de aceituna.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios y concluyentes en cuanto a la viabilidad de conseguir la infiltración de alpechín producido en una campaña para una fábrica de tamaño medio a grande, sin que tenga lugar percolación alguna de líquido efluente fuera del volumen del parque y, por tanto, sin el menor riesgo de contaminación de acuíferos superficiales o subterráneos.

La depuración obtenida en el alpechín es muy notable, habida cuenta del débil espesor de subsuelo atravesado, y se considera puede ser total con un espesor mayor.

Los análisis del suelo infiltrado, después de una campaña, demuestran que conserva su aptitud primitiva para el cultivo. A estos efectos se han com-



Unidad Tubular de infiltración.

El sistema de Land Treatment está basado en la interacción física y química entre los componentes del líquido efluente y del terreno infiltrado, y en la acción biológica de los microorganismos que pueblan el subsuelo sobre las materias contenidas en el líquido efluente.

La investigación realizada ha permitido comprobar la eficacia y viabilidad del proceso a escala piloto y determinar los parámetros necesarios para poder llegar en su momento a la realización de una demostración a escala real.

pletado los ensayos realizados con gran éxito plantando leguminosas y hortalizas en el suelo infiltrado.

CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación que acabamos de resumir, se han obtenido las siguientes conclusiones, que sintetizamos brevemente:

Primera

La depuración natural del alpechín producido en una fábrica de dimensiones medias puede conseguirse en



Experiencia de infiltración a escala real en Baeza (Jaén) del Instituto Tecnológico Geominero de España.

un parque de infiltración de dimensiones fácilmente alcanzables (del orden de 5.000 m²).

Segunda

Graduando adecuadamente la dosificación media diaria de riego puede conseguirse, a lo largo de la campaña de molturación, la infiltración y evaporación del alpechín sin que se produzca percolación alguna del líquido fuera de los límites del parque.

Tercera

Los análisis del terreno infiltrado demuestran la incorporación al mismo de las materias contenidas en el alpechín. Desgraciadamente, la duración de esta investigación no ha sido suficiente como para comprobar la acción biológica de los microorganismos del subsuelo sobre las sustancias procedentes del alpechín infiltrado.

Cuarta

Las características físicas del terreno infiltrado, después de su secado superficial, no han experimentado variación apreciable y el terreno sigue siendo tan apto para el cultivo como lo era anteriormente.

Se han realizado con éxito plantaciones de leguminosas y hortalizas en el terreno infiltrado. Habría sido interesante poder realizar más de una campaña de infiltración, pero el tiempo disponible para el trabajo de experimentación no lo ha hecho posible.

En síntesis, la investigación realizada ha permitido comprobar la eficacia y viabilidad del proceso a escala piloto y determinar los parámetros necesarios para poder llegar en su momento a la realización de una demostración a escala real.

No es aventurado afirmar que se ha dado un paso importante en la definición de un proceso eficaz y económico para resolver uno de los problemas más graves que afectan al vertido de residuos de la industria grícola. ■



Experiencia de infiltración a escala real en Baeza (Jaén) del Instituto Geominero de España.