

Prototipo de planta de tratamiento integral para el reciclado y valoración de los residuos de envases de productos fitosanitarios

Integral treatment plant for the recycling of toxic product containers

J. A. López Martínez

Departamento de Ingeniería Rural, Universidad de Almería.
C/ Ctra. de Sacramento, s/n, 04120-La Cañada de San Urbano, Almería. España.
jalopez@ual.es

A. R. Fernández-Alba

Departamento de Hidrogeología y Química Analítica. Universidad de Almería.
C/ Ctra. de Sacramento, s/n, 04120-La Cañada de San Urbano, Almería. España.
amadeo@ual.es

Resumen

La agricultura intensiva bajo plástico, muy extendida en el sudeste de España, genera una gran cantidad de residuos de envases de plástico de productos tóxicos. Estos envases provocan una doble contaminación medioambiental, la producida por el envase propiamente dicho y la originada por los restos de los productos tóxicos que quedan en el envase. Para tratar de eliminar este problema se ha diseñado, construido y ensayado una planta piloto que, mediante una tecnología limpia y no contaminante, los transforma en fragmentos de plástico que pueden ser reutilizados

Palabras claves: Plásticos, medioambiental, reciclado, invernadero.

Abstract

The intensive agriculture in greenhouse is much extended in the southeast of Spain. This activity generates a great quantity of plastic containers with residuals of toxic products. These containers produce a double contamination: that caused by the container itself and the originated by the remains of the toxic product that remains in the container. In order to try to eliminate this problem, it has been designed, built and rehearsed a pilot plant that transforms the containers in plastic fragments by means of a clean and non pollutant technology.

Key words: Plastic, contamination, greenhouse.

1 Introducción.

La agricultura intensiva bajo plástico que se viene desarrollando en el sudeste de España con una alta concentración de invernaderos (Fig. 1) genera una gran cantidad de residuos de envases de plástico utilizados para los productos empleados en los tratamientos fitosanitarios que el entorno no tiene capacidad para asimilar. En, únicamente la provincia de Almería (España), se generan anualmente más de dos millones de envases que producen, al no tratarse ac-

tualmente de forma adecuada (en demasiados casos quedan abandonados), un grave problema medioambiental. Estos envases provocan una doble contaminación, la producida por el envase propiamente dicho (Fig. 2) con un impacto ambiental especialmente negativo en una zona con un gran desarrollo en el sector turístico y, la originada por los restos del producto fitosanitario que queda en el envase una vez utilizado, contaminando el entorno y constituyendo un peligro potencial para las personas y el ambiente.

Para tratar de eliminar este problema se ha diseñado, a partir de las experiencias previas en el tratamiento de



Fig. 1.- Alta concentración de invernaderos en la provincia de Almería.



Fig. 2.- Envases abandonados.



Fig. 3.- Vista general de la planta piloto.

residuos (López y col., 2001a; López y col., 2001b), construido y ensayado una planta piloto experimental (Fig. 3) para el tratamiento de estos envases de plástico que permite

dar una salida razonable a la problemática planteada. En esta planta piloto, mediante una tecnología limpia y no contaminante, se trituran los envases transformándolos en fragmentos de plástico que pueden ser reutilizados como materia prima en los procesos de fabricación con materiales plásticos. Durante este proceso de trituración se eliminan, mediante un proceso de lavado del producto triturado, los residuos de los productos fitosanitarios. El agua empleada para el lavado se depura en un proceso físico-químico continuo que permite su reutilización (Chiron y col., 2000). Con ello, se evita el consumo excesivo de agua y no se genera, a su vez, otro problema medioambiental.

2 Objetivos.

Los objetivos marcados inicialmente en este proyecto para abordar la problemática planteada fueron los siguientes:

- Minimizar el volumen de los residuos de envases fitosanitarios.
- Hacerlos fácilmente manejables y no contaminantes.
- Darles una utilidad comercial que, al menos, compensase los gastos de tratamiento de los mismos y no representara un coste adicional para el agricultor.
- Evitar la contaminación que producen los restos de los productos fitosanitarios.
- Que el proceso ensayado en la planta piloto pudiese ser viable en el ámbito industrial.
- Que el proceso o tecnología utilizada se pudiera calificar como "tecnología limpia".



Fig. 4.- Recepción de los envases.

3 Procedimiento seguido y solución adoptada.

Los envases de los productos fitosanitarios llegan a la planta piloto (Fig. 4), normalmente, sin ningún tratamiento previo, mezclados entre sí y, en general, con una cierta cantidad de producto tóxico en su interior.

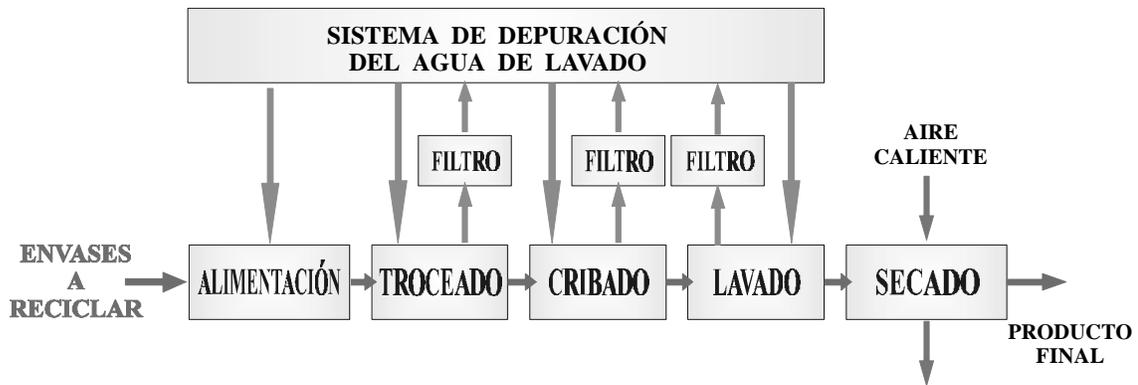


Fig. 5.- Diagrama de bloques del proceso de reciclado.

Se pueden caracterizar estos residuos de envases como una mezcla de:

- Envases de plásticos de polietileno de alta densidad (HDPE).
- Formas y tamaños muy diversos, con un volumen que va desde el medio litro a los 30 litros.
- Diferentes durezas del plástico y con espesores distintos (de 0.5 mm a 3 mm).
- Distintos restos de productos tóxicos empleados en la agricultura: fitosanitarios, fertilizantes, hormonas, etc.
- Polvo, tierra y suciedad en general, adherida a las paredes del recipiente o en su interior.
- Etiquetas adhesivas de distintos tipos de papel y con colas diferentes.

Manualmente se realizaron inicialmente distintos tipos de ensayos físico-mecánicos con los envases, en general, se hicieron para cada una de las operaciones que se pensaba que se podrían implantar posteriormente en la planta piloto. Las pruebas fueron fundamentalmente de lavado de los envases con y sin destrucción de los mismos, eliminación de las etiquetas, compactado, troceado, triturado, cortado, picado, lavado del producto triturado, secado, separación de componentes y análisis de las posibles utilidades del producto final obtenido.

Paralelamente a la realización de estos ensayos, también se determinó el contenido de productos tóxicos y se definió el método que se iba a utilizar para la eliminación de éstos y para la depuración del agua empleada en el proceso de lavado.

Una vez definido, con la ayuda de estos ensayos previos, el proceso global a realizar posteriormente en la planta piloto, del que se hace un diagrama de bloques en la Fig. 5, se procedió a diseñar, dimensionar, construir y/o adaptar la maquinaria que permitiera, a la escala adecuada, montar una planta piloto experimental que integrase todas las operaciones y tuviese una capacidad de trabajo lo suficientemente grande como para que se pudiese evaluar la validez del proceso y permitiera realizar un cálculo válido de los costes del proceso en una futura instalación industrial. Las operaciones a las que finalmente se someten los envases se describen brevemente a continuación:



Fig. 6. Alimentación de envases.

a) Alimentación. El sistema de alimentación (Fig. 6) permite el suministro de los envases sin compactación ni tratamiento previo. Está constituido (Fig. 7) por tres pares de rodillos provistos de paletas, girando en sentido contrario, que conforman un alimentador cónico que va introduciendo los envases de plástico en la picadora y los mantiene

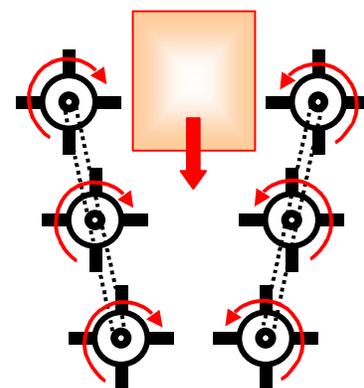


Fig. 7.- Constitución del sistema de alimentación.

en la entrada del mecanismo de triturado de la misma haciendo sobre ellos una cierta presión. Para evitar que algún envase que pueda llevar puesto el tapón reviente o bloquee el motor eléctrico, las paletas llevan incorporados unos dientes puntiagudos que perforan los envases y dejan escapar el aire de su interior. Un sistema de ducha con agua arrastra una gran parte del producto tóxico que contienen los envases.

Algunas características básicas del sistema son:

- Volumen máximo admisible de los envases de unos 30 litros.
- Separación máxima y mínima entre rodillos: 300 y 100 mm.
- Capacidad de trabajo de unos 600 envases/hora.
- Motor eléctrico de 1.5 kW de 750 r.p.m. con una reductora 60:1.
- La capacidad de trabajo queda limitada por el sistema de troceado posterior.



Fig. 8.- Unidad de alimentación y troceado.

b) Troceado: Se utiliza una picadora comercial, especialmente adaptada, de discos giratorios que corta en tiras por cizalladura y desgarro los envases de plástico. Sus características básicas son:

- Superficie de alimentación 600 x 536 mm.
- Capacidad de trabajo de unos 500 envases/hora.

- Discos de 15 mm de espesor con tres dientes por disco.
- Motor eléctrico de 11 kW.
- Sistema de control electrónico antibloqueo.

El tamaño de los trozos (tiras) obtenidos es bastante heterogéneo dependiendo mucho del volumen del envase original. Se ha comprobado que con un doble picado se obtiene un triturado muy uniforme que facilita el manejo posterior de los residuos. La alimentadora y la troceadora se han acoplado entre sí constituyendo una unidad funcional (Fig. 8).

c) Cribado y lavado previo. Tiene como objetivo fundamental separar la tierra, arena y otros productos de pequeño tamaño que inicialmente pueden estar adheridos a las paredes de los recipientes, en su interior o mezclados con ellos y que con la trituración realizada se pueden separar. Se realiza con una cinta mecánica provista de una ducha con agua que, a su vez, transporta el material plástico hasta el sistema de lavado posterior.

d) Lavado. La operación de lavado se realiza con tres objetivos básicos:

- Eliminar los restos de productos tóxicos presentes en los trozos de material plástico y que impedirían la reutilización de los mismos.
- Separar las etiquetas adhesivas que poseen los envases y los restos de pegamentos.
- Limpiar los residuos plásticos de otras impurezas o partículas sólidas que puedan quedar adheridas a los mismos.

El lavado de los trozos resultantes de los envases se consigue introduciéndolos en un tanque de lavado continuo constituido por un tambor rotatorio de rejilla que se encuentra parcialmente sumergido en agua (Fig. 9). El giro del tambor, que posee en su interior un sin fin, agita en el agua a los trozos de plástico y los hace avanzar a lo largo del tanque durante el tiempo que es necesario para conseguir un lavado efectivo. El tiempo de lavado va a depender del desarrollo de la hélice del sin fin (valor constante definido en el diseño realizado) y de la velocidad de giro del tambor, valor éste que se puede modificar.



Fig 9.- Sistema de lavado.

e) *Depuración del agua de lavado.* Dado que la cantidad de agua necesaria para el lavado de los residuos plásticos, es muy elevada (valor medio de 250 litros por cada 100 envases) se ha desarrollado un proceso de depuración de la misma que permite su reutilización en un proceso cíclico y no contaminante (Rodríguez y col., 2001).



Fig. 10. Tanque reactor.

Para ello, toda el agua empleada en las duchas y en el lavado previo se hace llegar al tanque de lavado en donde, al agitar en ella los residuos plásticos, se va ensuciando y deteriorando progresivamente. Para facilitar el lavado de los residuos plásticos, a esta agua se le añade una cierta cantidad de detergente, en un rango de entre 200 a 1 000 mg/l.

Para realizar la depuración del agua, al tanque que constituye el módulo de lavado se le ha incorporado, en su parte más baja, una salida que permite mediante un sistema de bombeo transferir el agua, haciéndola pasar previamente por un doble filtro, uno de rejilla y otro de arena, al reactor (Fig. 10) tipo columna de burbujeo, que tiene una capacidad de unos 1000 litros. En este tanque-reactor se mantiene el agua contaminada durante un cierto tiempo (cinco o seis horas) sometida a un proceso físico-químico que permite su depuración. Para ello, se le inyecta de forma continua, por un difusor situado en su base, ozono generado mediante ar-

co eléctrico sobre oxígeno gas. Simultáneamente, se trata de conseguir un pH básico de entre 8,0 y 9,5 mediante la adición de la cantidad necesaria de NaOH. En general, para un valor de partida de pH 2,5 a 3, es necesario adicionar 1 kg de sosa cáustica. Además, se va incorporando periódicamente al agua una cierta cantidad de agua oxigenada, aproximadamente un total de 100 ml de agua oxigenada por carga al reactor. De esta forma, se optimiza la generación de radicales hidroxilo que, dado su gran poder oxidante, mineralizan los contaminantes presentes a CO₂ y H₂O tras unas 5 o 6 horas de aplicación del tratamiento oxidativo.

Como control de este proceso de depuración se han realizado análisis periódicos de toxicidad aguda mediante el test biológico de Daphnia Magna según el protocolo de análisis ISO 6341, evidenciándose de esta manera la eficacia del proceso y en consecuencia la adecuada depuración de las aguas de lavado para su posterior reutilización, una vez tratada, en sucesivas operaciones de lavado mediante el uso de un circuito cerrado que comunica el tanque-reactor con el tanque de lavado.

f) *Secado.* El proceso de secado, dada la estabilidad del producto final obtenido (Fig. 6), no es crítico pero si conveniente para el manejo o transporte adecuado de este producto. En esta planta piloto se ha diseñado un proceso que combina el uso del aire caliente procedente de un quemador de gasoil y el centrifugado de los residuos en un tambor cilíndrico giratorio de malla metálica en cuyo interior permanecen agitándose los residuos plásticos el tiempo necesario hasta conseguir que el aire caliente suministrado (aproximadamente a unos 120 °C) elimine la humedad (Fig. 11).

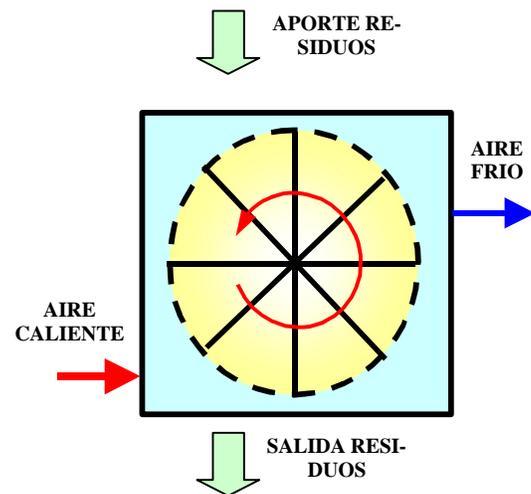


Fig. 11.- Esquema del sistema de secado.

Todos los subsistemas dotados de movimiento llevan incorporado un medidor de velocidad, que permite modificarla y adaptar las capacidades de trabajo de cada uno de ellos para hacer compatibles los diferentes módulos entre sí.



Fig. 12. Producto obtenido.

4. Resultados y conclusiones.

En esta planta piloto se han reciclado durante el periodo de ensayos aproximadamente unos 20 000 envases de plástico procedentes de los cultivos intensivos de la provincia de Almería y el producto obtenido (Fig. 12) se ha podido reutilizar como materia prima para la fabricación de

otros componentes de plástico eliminando así un problema medioambiental.

Se ha podido comprobar que el procedimiento inicial-

mente previsto es técnicamente viable y con un coste que se podría asumir, por tanto, con esta planta piloto para el reciclado de envases de productos fitosanitarios se ha desarrollado y experimentado un procedimiento que permite transformar, utilizando una tecnología limpia, los envases de los productos fitosanitarios utilizados en los cultivos intensivos en materia prima reutilizable en los procesos de fabricación con materiales plásticos.

Actualmente la planta piloto se ha trasladado a las dependencias una empresa de gestión de residuos agrícolas que está evaluando la posibilidad de utilizarla ampliando su capacidad de trabajo.

Referencias

Chiron S, Rodríguez A, García-Calvo E, 2000, Pesticide chemical oxidation: State of the art, *Water Research*, No 34, pp 366-377.

López JA, Rodríguez A, Valera D, 2001a, Planta de tratamiento integral de residuos sólidos vegetales, *Terralia*, Año 7, No. 18, pp 18-25.

López JA, Valera DL, Rodríguez A, 2001b, Planta de tratamiento integral de residuos sólidos vegetales. I Congreso Nacional de Ingeniería para la agricultura y el medio rural. *Agroingeniería-2001*. Valencia.

Rodríguez A, Hernando MD, Díaz G, Chisti, 2001, Toxicity of pesticides in water. A comparative assessment of rapid bioassays. *Anal. Chim. Acta*, No 426, pp 289-301.