

## ESCALADO DE UN FOTOREACTOR PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE ACEITUNAS DE MESA: PARÁMETROS INVOLUCRADOS

E.G. Zorzoli\*<sup>(1)</sup>; D.M. Alvarez<sup>(2)</sup>; D. Conte<sup>(1)</sup>; M.E. Crivello<sup>(2)</sup> S.N. Mendieta<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Grupo de Investigación en Modelos y Sistemas de Apoyo a la Decisión para la Eficiencia de las Organizaciones - GIMSE. Maestro López esq. Av. Cruz Roja Argentina. Ciudad Universitaria. CP 5016. Córdoba, Argentina.

<sup>(2)</sup> Centro de Investigación y Tecnología Química – CITeQ, CONICET – UTN. Maestro López esq. Av. Cruz Roja Argentina. Ciudad Universitaria. CP 5016. Córdoba, Argentina.

\*E-mail del autor de contacto: [ingezorzoli@hotmail.com](mailto:ingezorzoli@hotmail.com)

### INTRODUCCIÓN

El olivo, *Olea europea L.*, pertenece a la familia botánica Oleaceae, con especies distribuidas en las regiones tropicales y templadas del mundo. El género *Olea* comprende a unas treinta y cinco especies, siendo *O. europea L.* la única de la familia con fruto comestible Álvarez, (2013).

En la región noroeste de la provincia de Córdoba, la olivicultura constituye una actividad económica de relevancia. Aunque gran parte de la producción de los frutos se destina a la industria aceitera, la elaboración de aceitunas en conserva ocupa un lugar preponderante en el mercado nacional. Las preparaciones industriales más importantes son: aceitunas verdes estilo español, aceitunas negras estilo californiano (negras aderezadas) y aceitunas negras naturales, Panagou, et al. (2008).

Durante la elaboración de aceitunas de mesa se utilizan grandes caudales de agua, que se transforman en efluentes con elevada concentración de polifenoles, cloruros, altos contenidos de fósforo, sulfuros, elevada demanda biológica y química de oxígeno (DBO y DQO) y sólidos sedimentables. Estos son de naturaleza diversa y se consideran tóxicos para vegetales, animales y microorganismos. En la actualidad, los efluentes se desechan sin tratamiento y se acumula en balsas abiertas, para reducir el volumen por evaporación.

Entre los posibles tratamientos a utilizar, se encuentran los Procesos de Oxidación Avanzada (PAOs), que incluyen las técnicas basadas en ultrasonido, plasma, peróxido hidrógeno ( $H_2O_2$ ) en combinación con UV-visible, Fenton, foto-Fenton y procesos tipo Fenton, fotólisis, fotocatalisis y procesos basados en el ozono ( $O_3$ ,  $O_3$  en combinación con UV y  $O_3$  con catalizador) (Arjunan et al., 2014).

En el escenario de la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías, está presente la necesidad de convertir los logros en el laboratorio, en una estructura económica eficiente, para poder llegar al escalado de producción.

El objetivo de este trabajo es diseñar un modelo teórico del escalado industrial para el tratamiento de efluentes basado en reacción foto-Fenton, a partir del desarrollado a escala piloto.

### MÉTODOS

Para el tratamiento de efluentes, en primer lugar, es necesario, seleccionar la tecnología a utilizar. En la Fig. 1 se muestra el intervalo de aplicación de las diferentes tecnologías de tratamiento de aguas residuales, dependiendo del caudal de tratamiento y de la carga orgánica. Se observa que los PAOs son los más versátiles para el tratamiento de aguas residuales industriales, en cuanto al intervalo de caudal a tratar, como en la concentración de materia orgánica que se presentan los efluentes de la industria olivícola.

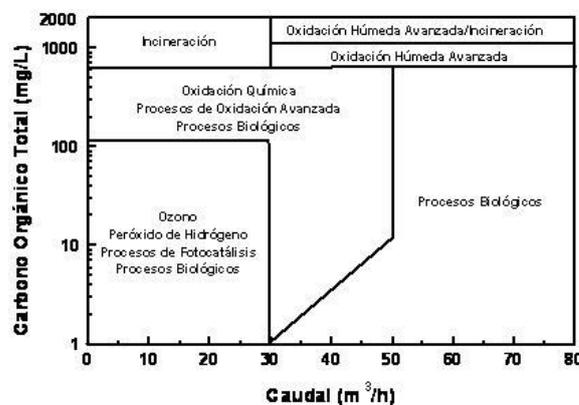


Fig. 1. Intervalo de aplicación de los diferentes procesos de oxidación de la materia orgánica.

Fuente: Glaze et al. (1987).

Una vez seleccionada la tecnología a utilizar, se realizaron ensayos en un fotoreactor a escala piloto. Los resultados obtenidos en esta etapa fueron la base para el desarrollo del estudio para el escalado industrial del proceso.

Para que el concepto de escalado se materialice, no se requiere transitar desde la escala piloto a la implementación final. Este modelo es largo y costoso, por lo que debe reducirse en la mayor medida posible (González, 2000).

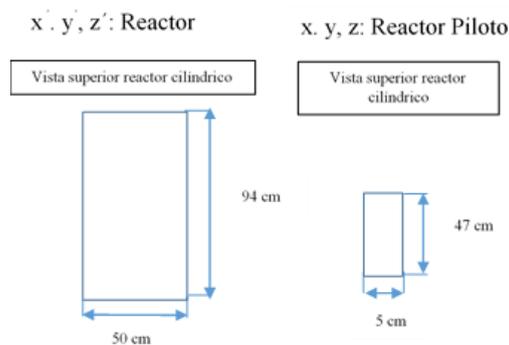
Particularmente, para el escalado industrial de los procesos foto-Fenton, es necesario evaluar las siguientes variables:

- Volúmenes a tratar
- Dimensiones del reactor
- Potencia de la lámpara
- Dosis de radiación UV
- Tipo de aplicación (fijo o suspensión) y cantidad de catalizador a utilizar
- Cantidad y tipo de oxidante a utilizar

Para el escalado del fotoreactor, se utilizó el Principio de Semejanza, que se aplica a los sistemas en los cuales se emplean modelos homólogos, o sea aquellos modelos que sólo se diferencian del prototipo en el tamaño o escala. Se estudió puntualmente las dimensiones del reactor y la dosis de radiación de la lámpara utilizada.

## RESULTADOS

Específicamente para el escalado a nivel industrial, se adoptó el modelo de semejanza geométrica distorsionada (Fig. 2).



**Fig. 2.** Semejanza geométrica entre escala piloto y laboratorio.

En las siguientes expresiones matemáticas (1), aplicadas para los reactores a escala piloto e industrial, se verifica la semejanza geométrica distorsionada.

$$\frac{x'}{x} = \frac{50 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} = 10 \quad \frac{y'}{y} = \frac{50 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} = 10 \quad \frac{z'}{z} = \frac{94 \text{ cm}}{47 \text{ cm}} = 2 \quad (1)$$

En cuanto a la dosis de radiación UV aplicada, otra variable evaluada; se relaciona con la exposición de los contaminantes en el agua, el volumen y el tiempo de residencia del efluente en el reactor. Según Carett et al. (2003), la dosificación de la radiación UV requerida para destruir los microorganismos comunes varía entre 6000 y 10000  $\mu\text{ws}/\text{cm}^2$ , Además las normas para la dosificación de radiación UV en diferentes países varían entre 16000 y 38 000  $\mu\text{ws}/\text{cm}^2$ . Del análisis de radiación UV, se presentan los siguientes resultados:

Escala Piloto:

Volumen del reactor: 0,92 L

Tiempo de residencia:  $t = 5,52$  seg

Dosis:  $D = 24661 \mu\text{W}/\text{cm}^2$

Los valores antes mencionados, indican que la dosis utilizada en la escala piloto se encuentra dentro de los límites recomendados, por lo que se asume que el rendimiento del sistema es favorable. En base en estos resultados, se realizaron los cálculos para el modelo teórico a escala industrial.

Volumen del reactor 184,21 L

Tiempo de residencia:  $t = 5,52$  seg

Dosis:  $D = 30498.99 \mu\text{W}/\text{cm}^2$

Se puede observar que los valores obtenidos aplicando el método de semejanza, para la dosis de radiación se verifica dentro de la norma de dosificación establecidos.

## CONCLUSIONES

La problemática ambiental generada por los efluentes se presenta como un desafío, debido a la importancia socioeconómica que poseen las industrias dedicadas al procesamiento del fruto del olivo.

Mediante el método de escalado por semejanza del fotoreactor empleado, queda demostrado que es posible escalar los resultados obtenidos en la etapa piloto a la industrial, acortando notablemente los tiempos y disminuyendo los costos que implica el paso por etapas intermedias.

## REFERENCIAS

- Álvarez, D. Tesis doctoral. Obtención de aceitunas negras naturales. Estudio de procesos fermentativos que optimicen la calidad del producto. Córdoba (2013).
- Caretti C., Iubello C. (2003). Wastewater disinfection with PAA and UV combined treatment: a pilot plant study, *Water Research*, Vol. 37, , 2365-2371
- Glaze, W. H., Kang, J. W., Chapin, D. H., "The chemistry of water treatment processes involving ozone, hydrogen peroxide and ultraviolet radiation". *Ozone Sci. & Technol.*, 9, 335-352 (1987).
- González Castellanos R. Principios básicos de escalado. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Centro de Estudios de Combustión y Energía (CECYEN). ISBN 959-16-0112-3. (2000)
- Panagou, E.Z.; Schillinger, U.; Franz, C.M.; Nychas, G.J. Microbiological and biochemical profile of cv. Conservolea naturally black olives during controlled fermentation with selected strains of lactic acid bacteria. *Food Microbiology*. 25:328–358. (2008)

*Estudio realizado en el marco de la Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental, 2019-2020: "Diseño del escalado de un sistema para tratamiento de efluentes provenientes de la elaboración de aceitunas, a partir de datos reales obtenidos a escala laboratorio, mediante materiales catalíticos". Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Córdoba.*