

DEGRADACIÓN DE UN CONTAMINANTE ORGÁNICO EN SOLUCIÓN ACUOSA POR MEDIO DE LA REACCIÓN DE FOTO-FENTON EMPLEANDO RADIACIÓN UV SOLAR

Germán H. Rossetti^(1,2), Enrique D. Albizzati⁽²⁾ y Orlando M. Alfano⁽¹⁾

(1) Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (CONICET-UNLitoral)
Güemes 3450, 3000 Santa Fe, Argentina. Fax. (0342) 4550944, e-mail: alfano@ceride.gov.ar

(2) Departamento de Ingeniería Química – Facultad de Ingeniería Química - U.N. del Litoral.
Santiago del Estero 2654, (3000) Santa Fe, Argentina. Fax: 54 342 4553727

RESUMEN: Este trabajo describe el uso de radiación solar UV para destruir un contaminante orgánico específico en agua, usando la reacción de foto-Fenton. Se ha desarrollado un modelo del reactor y la cinética, para evaluar las velocidades de descomposición del ácido fórmico (el compuesto modelo) y el peróxido de hidrógeno. El trabajo experimental fue realizado en un reactor perfectamente mezclado, isotérmico, en un sistema en reciclo discontinuo. Bajo las condiciones de operación adoptadas, se alcanzó una conversión del 81% después de una hora de operación. Los resultados teóricos y experimentales de conversión mostraron además que la radiación solar UV mejora significativamente la efectividad del sistema Fenton; se obtuvo una conversión 160% más grande que la obtenida con el sistema no irradiado (Fenton). Las predicciones del modelo fueron comparadas con los valores experimentales y se obtuvo un muy buen acuerdo de las evoluciones de ácido fórmico y peróxido de hidrógeno, con una desviación máxima del 9%.

Palabras claves: reacción de foto-Fenton, radiación solar UV, modelado de un fotorreactor, ácido fórmico

INTRODUCCIÓN

En los últimos años han surgido los denominados Procesos de Oxidación Avanzada (POAs), que posibilitan la completa mineralización de las sustancias orgánicas; es decir, producen agua, dióxido de carbono e iones inorgánicos. Estos procesos se basan en la generación de radicales libres altamente reactivos tal como el radical oxhidrilo.

El espectro solar comienza prácticamente en 300 nm y solamente el 4,5 % de la radiación solar que llega a la superficie de la tierra se encuentra en el rango ultravioleta (300 – 400 nm). Por lo tanto, cualquier sistema de descontaminación que utilice la radiación solar debe basarse en una sustancia absorbidora activa a partir de 300 nm. Esta situación restringe la aplicación de los procesos de descontaminación basados en el uso de peróxido de hidrógeno y ozono con radiación UV solar, ya que estos dos compuestos absorben radiación por debajo de 300 nm.

Actualmente, se están realizando investigaciones sobre un nuevo POA, en el que la generación de radicales oxhidrilos puede iniciarse mediante la absorción de radiación solar por medio de complejos férricos y peróxido de hidrógeno (reacción de foto-Fenton asistida con Radiación Solar). El ferrioxalato, por ejemplo, es uno de estos complejos, y ha sido usado como actinómetro químico durante décadas, ya que absorbe radiación hasta 500 nm. Por lo tanto, la utilización de este complejo férrico para la destrucción de contaminantes orgánicos vía reacción de foto-Fenton asistida con radiación solar, tiene la ventaja de aprovechar tanto la radiación solar ultravioleta como parte de la visible (Bolton et al., 1996; Hislop y Bolton, 1999).

En este trabajo, se estudia la degradación de un compuesto orgánico modelo (el ácido fórmico) en solución acuosa por medio de la reacción de foto-Fenton (radiación UV, sales de hierro y peróxido de hidrógeno) empleando radiación solar. La reacción se lleva a cabo en un reactor plano, perfectamente mezclado, con reciclo y operado en forma discontinua e isotérmica a temperatura ambiente. Considerando el campo de radiación dentro del reactor y un modelo cinético obtenido a partir de un mecanismo de reacción, se desarrolla un modelo teórico para predecir la degradación del contaminante. El modelo teórico completo se resuelve computacionalmente, obteniéndose la concentración de los reactivos en función del tiempo. Luego, se lleva a cabo un estudio experimental con la finalidad de estudiar la influencia de la relación de concentraciones peróxido de hidrógeno/ácido fórmico y del ángulo cenital solar, sobre la degradación del contaminante. Finalmente, se comparan las predicciones del modelo completo y los valores obtenidos experimentalmente.

MODELO TEÓRICO

Balance de Materia

Para evaluar la dependencia de la concentración de los reactivos con el tiempo, se plantea el balance de materia para el ácido fórmico (C_F) y el peróxido de hidrógeno (C_p), en un sistema conformado por un reactor fotoquímico y un tanque agitado con reciclo, que opera en forma discontinua y a temperatura constante.

Teniendo en cuenta que la reacción es térmica y fotoquímica, el balance de materia de los reactivos está representado por las ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden y las condiciones iniciales siguientes:

$$\frac{dC_F}{dt} = -\frac{V_T}{V} R_F^T(t) - \frac{V_R}{V} \langle R_F^F(\underline{x}, t) \rangle_{V_R} \quad C_F(t=0) = C_F^0 \quad (1)$$

$$\frac{dC_P}{dt} = -\frac{V_T}{V} R_P^T(t) - \frac{V_R}{V} \langle R_P^F(\underline{x}, t) \rangle_{V_R} \quad C_P(t=0) = C_P^0 \quad (2)$$

donde R_F^F y R_P^F son las expresiones de velocidad de reacción fotoquímica del ácido fórmico y del peróxido de hidrógeno respectivamente, obtenidas previamente por los autores (Rossetti et al., 2000b, 2001). Dichas expresiones dependen de las constantes cinéticas de las reacciones involucradas en el mecanismo de reacción, del rendimiento cuántico primario promediado en el rango de longitudes de onda y de la velocidad volumétrica de absorción de fotones. R_F^T es la velocidad de degradación térmica del ácido fórmico y R_P^T la velocidad de reacción térmica del peróxido de hidrógeno, cuyas expresiones también han sido obtenidas previamente por los autores (Rossetti et al., 1999, 2000a). Por último, V es el volumen del sistema, V_R es el volumen del reactor fotoquímico y V_T el volumen del tanque agitado.

Campo de Radiación

Para obtener el campo de radiación en el interior del fotorreactor solar plano (Rossetti et al., 1998) en primer lugar se plantea la ecuación diferencial de transferencia radiativa en el interior del reactor, considerando un medio participativo homogéneo y unidimensional (1-D), en el cual se produce la absorción de fotones.

Con el fin de considerar el efecto provocado por la placa de entrada de la radiación (placa de vidrio de borosilicato), se han tenido en cuenta los siguientes fenómenos: reflexión y refracción en la interfaz aire-vidrio, absorción de la radiación a lo largo del camino oblicuo seguido por el rayo en el interior de la placa de vidrio, y reflexión y refracción en la interfaz vidrio-solución acuosa. Se ha aplicado el mismo procedimiento para el análisis de las dos componentes de la radiación solar que inciden sobre la ventana de vidrio del reactor: radiación directa y radiación difusa. Además se ha tenido en cuenta la reflexión de la radiación proveniente del interior del reactor sobre la interfaz solución acuosa-placa de vidrio. Por otra parte, se supuso reflexión difusa de la radiación en el fondo del reactor.

La intensidad de radiación obtenida de la resolución de la ecuación de transferencia radiativa permite calcular la velocidad volumétrica local de absorción de fotones (LVRPA) en función de la longitud de onda, de la posición dentro del reactor y del ángulo cenital solar.

RESOLUCIÓN NUMÉRICA

El modelo matemático desarrollado se resuelve computacionalmente en tres etapas: (i) evaluación de la radiación solar directa y difusa incidente sobre la superficie del reactor, (ii) evaluación de la velocidad volumétrica de absorción de fotones en función de la posición dentro del reactor y (iii) evaluación de la concentración de ácido fórmico y peróxido de hidrógeno en función del tiempo.

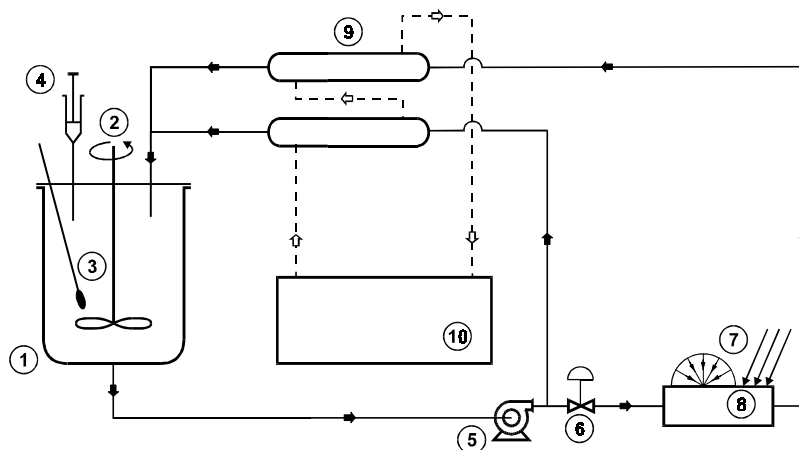
Se ha desarrollado y verificado un programa computacional que permite obtener, en condiciones de cielo claro, la radiación total (espectro solar completo) que incide sobre una superficie horizontal (Albizzati et al., 1997). El programa permite realizar la integración de la radiación en un determinado intervalo de longitud de onda, de manera tal que se puede obtener la cantidad de radiación global que llega a la superficie considerada para dicho intervalo. Este modelo fue presentado originalmente por Bird y Riordan (1986), pero luego se le han introducido modificaciones con el objetivo de mejorar las predicciones en el rango ultravioleta del espectro solar (región utilizada para producir las reacciones fotoquímicas).

El sistema de ecuaciones diferenciales obtenido a partir de la aplicación del balance de materia con sus correspondientes condiciones de contorno (ecuaciones 1 y 2), junto con la expresión de la LVRPA, se resuelve empleando el método numérico de Runge-Kutta. El programa computacional desarrollado proporciona las concentraciones de ácido fórmico y peróxido de hidrógeno del sistema en función del tiempo.

VERIFICACIÓN EXPERIMENTAL DEL MODELO TEÓRICO

Dispositivo Experimental

El dispositivo experimental consta básicamente de un tanque de vidrio de aproximadamente 3000 cm³ de capacidad, provisto de un agitador mecánico, un termómetro, una válvula de extracción de muestras, una bomba para recirculación del líquido y el reactor químico propiamente dicho. En la Figura 1 se muestra el esquema correspondiente.



Circuito del Reactor (—); Circuito de Refrigeración (- - - -)

1 – Tanque	6 – Válvula
2 – Agitador	7 – Radiación Solar
3 – Termómetro	8 – Fotorreactor
4 – Extracción de muestra	9 – Refrigerantes
5 – Bomba	10 – Criotermostato

Figura 1. Esquema del Dispositivo Experimental

El reactor de caras planas paralelas se construyó en grillón. Tiene una capacidad de $207,25 \text{ cm}^3$ y posee una ventana de vidrio de borosilicato a través de la cual ingresa la radiación solar que es absorbida por el medio reaccionante. A excepción de la ventana de vidrio del reactor, todos los elementos que integran el dispositivo experimental fueron recubiertos con papel de aluminio, a fin de evitar el ingreso de la radiación solar.

Procedimiento Experimental

El procedimiento para realizar las experiencias comienza con la preparación de las soluciones de sulfato férrico y peróxido de hidrógeno de acuerdo a las condiciones de operación. Se ajusta el pH a un valor de aproximadamente 3,0 con ácido sulfúrico concentrado. Se vierten las soluciones preparadas en el tanque agitado del dispositivo experimental. Luego, se ponen en funcionamiento el agitador, la bomba centrífuga y el criotermostato. Durante este período, la ventana de vidrio del reactor solar se mantiene cubierta por medio de una tapa opaca para evitar el ingreso de la radiación solar. Por último, se agrega el contaminante orgánico. Después de que el sistema se haya homogeneizado (2 minutos aproximadamente), se extrae la primera muestra. El volumen total del sistema reaccionante es de 3000 cm^3 .

Cada corrida experimental tiene una duración de 60 minutos. Durante este período se extraen, cada 20 minutos, muestras de la solución reaccionante. En cada muestra se analiza la concentración de ácido fórmico, peróxido de hidrógeno e ion ferroso (Rossetti et al., 2000b).

Comparación entre Resultados Teóricos y Experimentales

Con el objetivo de analizar la degradación del contaminante, se realizaron tres corridas experimentales variando la relación entre la concentración inicial del peróxido de hidrógeno y del contaminante ($C_p^0 / C_F^0 \cong 3, 5 \text{ y } 8$), manteniendo constante la concentración del ácido fórmico ($C_F^0 = 2,1 \times 10^{-3} \text{ M}$), la concentración del ion férrico ($C_{Fe^{3+}} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ M}$) y el ángulo cenital. Por otro lado, se llevaron a cabo las mismas corridas experimentales sin radiación solar (reacción de Fenton). También se realizaron dos corridas experimentales a una determinada relación de concentraciones ($C_p^0 / C_F^0 \cong 5$), para analizar el comportamiento de la velocidad de destrucción del contaminante en función del ángulo cenital solar, manteniendo constante la concentración de ion férrico.

En la Figura 2 se muestra la concentración relativa a la concentración inicial en función del tiempo, para una relación C_p^0 / C_F^0 de 5,4 y un ángulo cenital promedio de 13° . Las líneas corresponden a las predicciones del modelo teórico, mientras que los símbolos representan los valores experimentales. A los 60 minutos de reacción, se observa que la concentración del ácido fórmico obtenida por medio de la reacción de foto-Fenton es solo un 33% del valor obtenido por medio de la reacción de Fenton.

En la Tabla 1 se muestra la conversión porcentual experimental $X_{F,exp} (\%)$ y del modelo $X_{F,mod} (\%)$ alcanzada por los procesos Fenton y foto-Fenton, para las tres relaciones de concentraciones estudiadas. Además, se presenta el error relativo

porcentual entre los valores teóricos y experimentales, y el aumento porcentual de la conversión al utilizar el sistema foto-Fenton respecto al proceso Fenton.

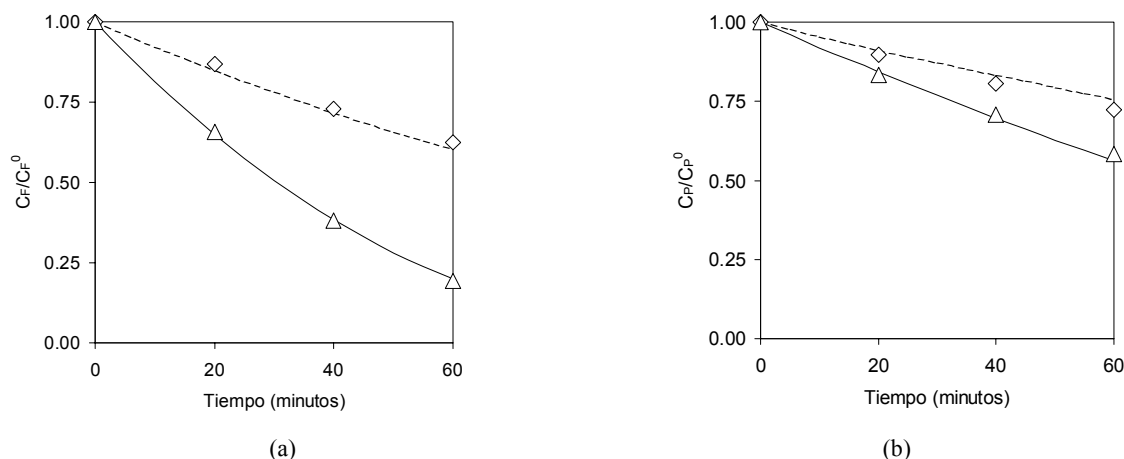


Figura 2. Concentración relativa en función del tiempo para $C_p^0/C_F^0 = 5,4$ y $C_F^0 = 2,1 \times 10^{-3}$ M de: (a) Ácido fórmico. (b) Peróxido de hidrógeno. (—, Δ) Reacción de foto-Fenton, (---, \diamond) Reacción de Fenton.

C_p^0/C_F^0	3,3		5,4		8,4	
Proceso	Fenton	foto-Fenton	Fenton	foto-Fenton	Fenton	foto-Fenton
$X_{F,exp}$ (%)	29,3	80,7	37,6	80,6	43,2	79,3
$X_{F,mod}$ (%)	31,3	81,1	39,7	80,2	45,7	78,7
Error (%)	6,8	0,5	5,6	0,5	5,8	0,8
Aumento (%)	160,1		102,0		72,2	

Tabla 1. Comparación de la conversión porcentual de ácido fórmico entre la reacción de Fenton y la de foto-Fenton para $C_p^0/C_F^0 = 5,4$ y $C_F^0 = 2,1 \times 10^{-3}$ M, manteniendo constante el valor del ángulo cenital promedio ($\theta_z = 13^\circ$).

En las corridas experimentales correspondientes a la Tabla 1 se puede observar que al aumentar la concentración inicial del peróxido de hidrógeno en el sistema Fenton, se produce un incremento de la conversión del ácido fórmico, mientras que en el sistema foto-Fenton se produce una leve disminución de la conversión. Al analizar el mecanismo de reacción (Rossetti et al., 1999, 2000b), se puede explicar este efecto por medio de las siguientes causas: (i) al aumentar la concentración de peróxido de hidrógeno se incrementa la producción de radicales oxhidrilos, el cual reacciona posteriormente con el contaminante orgánico para producir su degradación, y (ii) cuando la concentración de peróxido de hidrógeno es muy alta, éste compite con el ácido fórmico para reaccionar con el radical oxhidrilo, es decir que actúa como un veneno para la reacción de descontaminación. Esta última causa es más importante en el caso de la reacción de foto-Fenton en las condiciones de operación de estas experiencias, ya que se trabaja con ángulos cenitales bajos y por consiguiente la radiación UV solar que llega al reactor es lo suficientemente elevada como para que la concentración de radicales oxhidrilos sea también alta. Por lo tanto, la competencia entre el peróxido de hidrógeno y el ácido fórmico por reaccionar con el radical oxhidrilo, en la reacción de foto-Fenton se manifiesta con concentraciones de peróxido de hidrógeno mucho más bajas que para el caso de la reacción de Fenton.

Por otro lado, en estas corridas experimentales se observa que a medida que aumenta la relación de concentraciones C_p^0/C_F^0 , a un ángulo cenital aproximadamente constante (13°), disminuye la diferencia entre la conversión alcanzada por la reacción de foto-Fenton y la obtenida por medio de la reacción de Fenton. Sin embargo esta diferencia sigue siendo alta para las relaciones estudiadas, ya que el aumento porcentual de la conversión supera el 70 %.

En la Figura 3 se muestra la concentración relativa a la concentración inicial en función del tiempo, para una relación C_p^0/C_F^0 de 5,4 y un ángulo cenital variable durante el transcurso de la corrida (entre $14,6^\circ$ y $26,2^\circ$). Las líneas corresponden a las predicciones del modelo teórico, mientras que los símbolos representan los valores experimentales. A los 60 minutos de reacción, se observa que el valor de la concentración del ácido fórmico obtenida por medio de la reacción de foto-Fenton es solo un 36% del valor obtenido por medio de la reacción de Fenton.

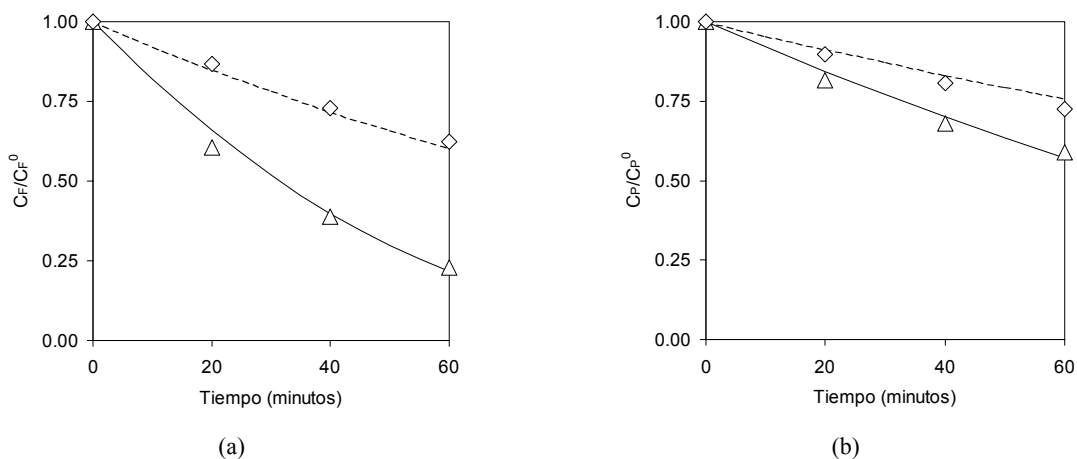


Figura 3. Concentración relativa en función del tiempo para $C_p^0/C_F^0 = 5,4$ y $C_F^0 = 2,1 \times 10^{-3}$ M, variando el ángulo cenital (θ_z) entre 14,6 y 26,2, de: (a) Ácido fórmico. (b) Peróxido de hidrógeno. (—, Δ) Reacción de foto-Fenton, (---, \diamond) Reacción de Fenton.

En la Tabla 2 se muestra la conversión porcentual experimental $X_{F,exp}$ (%) y del modelo $X_{F,mod}$ (%) alcanzada por los procesos Fenton y foto-Fenton, para una relación de concentraciones de aproximadamente 5,4, una concentración inicial de ácido fórmico de $2,1 \times 10^{-3}$ M y un tiempo de reacción de 60 minutos. Las corridas experimentales correspondientes al proceso foto-Fenton se llevaron a cabo a diferentes intervalos de ángulos cenitales. Además, se presenta el error relativo porcentual entre los valores teóricos y experimentales, y el aumento porcentual de la conversión al utilizar el sistema foto-Fenton respecto al proceso Fenton.

Proceso	Fenton	foto-Fenton	
		$14,6 \leq \theta_z \leq 26,2$	$24,9 \leq \theta_z \leq 37,3$
$X_{F,exp}$ (%)	37,6	77,6	77,2
$X_{F,mod}$ (%)	39,7	78,4	76,3
Error (%)	5,6	1,0	1,2
Aumento (%)		106,4	105,3

Tabla 2. Comparación de la conversión porcentual de ácido fórmico entre la reacción de Fenton y la de foto-Fenton para $C_p^0/C_F^0 = 5,4$ y $C_F^0 = 2,1 \times 10^{-3}$ M, con un ángulo cenital (θ_z) variable.

Se debe notar que para obtener los valores teóricos de la concentración del ácido fórmico y peróxido de hidrógeno en las corridas experimentales correspondientes a la Figuras 3 y Tabla 2, debido a que el ángulo cenital varía en forma considerable, se ha dividido el tiempo total de la corrida experimental en seis períodos de 10 minutos cada uno. Se ha tomado el ángulo cenital promedio en cada período para obtener a través del modelo computacional los valores de las concentraciones de ácido fórmico y peróxido de hidrógeno. Es decir que el modelo computacional contempla la variación del ángulo cenital discretizando el tiempo de la corrida.

En estas dos últimas experiencias (Tabla 2), en las cuales se ha mantenido aproximadamente constante la relación de concentraciones y se ha variado el rango de ángulos cenitales en la cual se llevó a cabo la experiencia, se puede observar que existe un aumento importante (más del 100 %) de la degradación obtenida cuando se aplica radiación UV solar al sistema Fenton.

Al analizar los resultados de las corridas experimentales de la reacción de Fenton en las Figuras 2 y 3, se puede concluir que se verifica el modelo teórico desarrollado, ya que los valores predichos por el modelo no varían en más del 7% con respecto a los resultados obtenidos experimentalmente. En el caso de la destrucción por medio de la reacción de foto-Fenton, también existe una buena concordancia entre los valores predichos por el modelo y los resultados experimentales, existiendo un error máximo del 9 %, tanto para el caso del ácido fórmico como para el peróxido de hidrógeno.

CONCLUSIONES

Se ha desarrollado y verificado experimentalmente un modelo teórico computacional que permite predecir la degradación de un contaminante orgánico, utilizando la reacción de foto-Fenton asistida con radiación UV solar. En relación con dicho modelo y experimentos, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- En las condiciones de operación utilizadas para este trabajo (relación de concentraciones, concentración inicial del ácido fórmico, concentración del ion férrico, volumen total del sistema, volumen del fotoreactor y tiempo de reacción), el método de descontaminación propuesto con la reacción de foto-Fenton permite alcanzar conversiones experimentales del ácido fórmico de hasta un 81%.
- Bajo estas mismas condiciones de operación, se ha logrado aumentar en aproximadamente 160% la degradación del contaminante por medio de la utilización de la reacción de foto-Fenton asistida con radiación solar, con respecto al sistema Fenton (peróxido de hidrógeno y sales de hierro).
- Al estudiar la influencia de la relación de concentraciones (C_p^0/C_F^0) sobre la degradación del contaminante, se observa que a medida que ésta disminuye, manteniendo aproximadamente constante el ángulo cenital, aumenta la diferencia entre la conversión alcanzada por la reacción de foto-Fenton y la reacción de Fenton. Esta diferencia sigue siendo elevada para las relaciones más altas estudiadas, ya que supera el 70 %.
- Se verifica que a medida que aumenta el ángulo cenital, manteniendo constante la relación de concentraciones (C_p^0/C_F^0), disminuye la conversión del contaminante.
- Se ha logrado un buen acuerdo entre los valores predichos por el modelo desarrollado y los resultados experimentales, obteniéndose un error relativo máximo del 9 %.

REFERENCIAS

- Albizzati E. D., Rossetti G. H. y Alfano O. M. (1997). Measurements and Predictions of Solar Radiation Incident on Horizontal Surfaces at Santa Fe, Argentina (31° 39' S, 60° 43' W). *Renewable Energy*, 11, 469-478.
- Bird R. E. y Riordan C. (1986). Simple Solar Spectral Model for Direct and Diffuse Irradiance on Horizontal and Tilted Planes at the Earth's Surface for Cloudless Atmospheres. *J. Climate Appl. Meteor.*, 25, 87.
- Bolton J. R., Ravel M., Cater S. R. y Safarzadeh-Amiri A. (1996). Homogeneous Solar Photodegradation of Contaminants in Water. *Solar Engineering, ASME*, 53-60.
- De Laat J. y Gallard H. (1999). Catalytic Decomposition of Hydrogen Peroxide by Fe(III) in Homogeneous Aqueous Solution: Mechanism and Kinetic Modeling. *Environ. Sci. Technol.*, 33, 2726-2732
- Hislop K. A. y Bolton J. R. (1999). The Photochemical Generation of Hydroxyl Radicals in the UV-VIS/Ferrioxalate/H₂O₂ System. *Environ. Sci. Technol.*, 33, 3119 – 3126.
- Pignatello J. J. (1992). Dark and Photoassisted Fe⁺³ - Catalized Degradation of Chlorophenoxy Herbicides by Hydrogen Peroxide. *Environ. Sci. Technol.*, 26, 5, 944-951.
- Rossetti G. H., Albizzati E. D. y Alfano O. M. (1998). Modeling and Experimental Verification of a Flat-Plate Solar Photoreactor. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 37, 3592-3601.
- Rossetti G. H., Albizzati E. D. y Alfano O. M. (1999). Degradación de un Contaminante Orgánico en Solución Acuosa, empleando Mezcla de Agua Oxigenada y Sales de Hierro (Reacción de Fenton). *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 3, 1, 01.05-01.08.
- Rossetti G. H., Albizzati E. D. y Alfano O. M. (2000a). Decomposition of Formic Acid in Water Solution Employing the Fenton Reaction (Hydrogen Peroxide + Ferrous Salts). *Proceeding of The 6th International Conference on Advanced Oxidation Technologies for Water and Air Remediation*, Ontario, Canada, 233-234.
- Rossetti G. H., Albizzati E. D. y Alfano O. M. (2000b). Efecto de la radiación UV sobre la Degradación de un Contaminante Orgánico por medio de la Reacción de Fenton. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4, 2, 03.91-03.96.
- Rossetti G. H., Albizzati E. D. y Alfano O. M. (2001). Degradation Kinetics Of Formic Acid In Water Solution Employing The Photo-Fenton Reaction. *Proceeding of The 7th International Conference on Advanced Oxidation Technologies for Water and Air Remediation*, Ontario, Canada, 194-198.

ABSTRACT

This study describes the use of UV solar radiation to destroy a specific organic pollutant in aqueous solution, using the photo-Fenton system. Reactor and kinetic models accounting for the decomposition rates of formic acid (the model compound) and hydrogen peroxide were developed. The experimental work was performed in an isothermal, perfectly mixed reactor placed inside a batch recycling system. Under the adopted operating conditions, an organic pollutant conversion up to 81% was achieved after one hour of operation. Also, model predictions and experimental results of the formic acid conversion showed that UV solar irradiation improves the effectiveness of the Fenton system significantly; an organic pollutant conversion 160% greater than that obtained with the dark system (Fenton process) was observed. The experimental values were compared with model predictions and a very good agreement of the formic acid and hydrogen peroxide concentration evolution was obtained, the maximum deviation being 9%.

Keywords: photo-Fenton reaction, UV solar radiation, photoreactor model, formic acid.