

OPTIMIZACION DE LA OXIDACION ELECTROQUIMICA DE UNA MEZCLA DE PLAGUICIDAS GENERADA EN UNA PLANTACION BANANERA**OPTIMIZATION OF THE CHEMICAL OXIDATION OF RESIDUES OF PESTICIDES**

López-Escobar E. R. ^{1*}, Hernández-Ozuna A. A. ¹, Gálvez-Cuz J. ¹, Valle-Mora J. ¹, Gutiérrez Hernández R. F. ¹, Nájera-Aguilar H. A. ², Morga-Vázquez M. ¹ y Figueroa-Coronado R. ¹

¹ Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. Instituto Tecnológico de Tapachula, Km. 2 Carretera a Puerto Madero S/N, 30700 Tapachula Chiapas México.

² Escuela de Ingeniería Ambiental, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. 1ª Sur Poniente No. 1460 Col. Centro, C. P. 29000 Tuxtla Gutiérrez Chiapas México

^{1*} rzlazz_98@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es optimizar las variables y condiciones en la oxidación anódica para reducir la DQO del efluente generado en una mezcla de plaguicidas utilizada en la plantación de banano. Implementando la oxidación con un ánodo de diamante dopado con boro (DDB) y un cátodo de acero inoxidable siguiendo la estructura de un modelo experimental ²⁵ con una sola replica obteniendo 32 tratamientos, los parámetros a evaluar son concentración del electrolito, PH, densidad de corriente, intensidad de agitación y distancia entre electrodos. Para evaluar el grado de oxidación alcanzado, se le dio seguimiento a la demanda química de oxígeno, la cual fue determinada mediante el método espectrométrico. Las pruebas de oxidación anódica se llevaron a cabo en un reactor de volumen de reacción de 125 mL, temperatura ambiente, agitación constante y en ausencia de luz. El pH del medio de reacción se ajustó utilizando H₂SO₄ al 10% v/v. Al medio de reacción que contiene afluente de plaguicida se adiciono NaSO₄ como

electrolito soporte se permitió la homogenización por 30 segundos. Se ajustaron los electrodos, y con ello se dio el inicio al proceso oxidativo. La reacción se permitió en un periodo de sesenta minutos y durante este tiempo se monitoreo DQO a diferentes tiempos. Logrando una remoción del 100%. Se determinó que la oxidación anódica resulta ser aplicable y eficiente en la degradación de compuestos que no son altamente contaminantes.

Palabras clave: Anódica, Optimización, Oxidación, Plaguicidas, Variable.

ABSTRACT

The objective of this work is the optimization of the chemical oxidation for the treatment of agricultural wastewater contaminated with a mixture of pesticides. Finding the parameters to evaluate; H₂O₂, FeSO₄*7H₂O, pH, temperature and agitation on the removal efficiency of pesticides following a structure of a model 25. The analysis of the experimental data showed that the parameters that control the efficiency of oxidation were pH, temperature and agitation. All the tests of reaction were in a time of one hour and a half, which was determined by preliminary tests. The tests of Fenton chemical oxidation were carried out in a reactor with a volume of reaction of 300 ml, environment temperature, constant agitation and in absence of light. The pH of the medium of reaction is adjusted 2 using H₂SO₄ to the 10% v/v, maintaining in all moment, with constant agitation. To the mean of reaction containing a tributary of pesticide FeSO₄*7H₂O was added and the homogenization for 30 seconds was allowed. The addition of H₂O₂ was subsequently performed at this time, and thus realized oxidative processes start. The reaction was allowed in a

period of an hour and a half and during this time were monitoring DQO at different times. The response variable was the DQO. The maximum removal rate was 78.5% in the range of 200 mg L⁻¹ H₂O₂, 50 mg L⁻¹ FeSO₄*7H₂O, pH 2, temperature 40° C and 1600 rpm agitation respectively.

Keywords: Fenton, optimization, oxidation, pesticides, variable.

INTRODUCCIÓN

La contaminación derivada del uso de plaguicidas, herbicidas, fertilizantes y otros productos químicos utilizados en la agricultura que se lixivian desde el suelo hacia mantos acuíferos subterráneos u otras fuentes de agua, con el manejo inadecuado de estas sustancias químicas también ha creado grandes problemas ambientales. Los plaguicidas logran permanecer en el medio ambiente durante un tiempo prologado ya que no son fáciles de degradar de manera natural. Es así como se convierten en uno de los principales contaminantes del ambiente, provocando un grave impacto sobre los ecosistemas.

En los últimos años se han realizado diversos estudios con el fin de evaluar la eficiencia en la degradación de plaguicidas en específicos los activos tóxicos. Entre ellos se pueden mencionar lo realizado por Rubén Hernández (2014) quien evaluó la eficiencia del sistema Dark Fenton ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$), para tratar aguas residuales agrícolas contaminadas con el plaguicida Paratión metílico. Para ello se ensayaron diferentes concentraciones de H_2O_2 y Fe^{2+} . Los experimentos se diseñaron para evaluar cuatro tratamientos, cada uno con una proporción plaguicida: $\text{H}_2\text{O}_2:\text{Fe}^{2+}$ diferente (1:4:0.1, 1:4:1, 1:4:10, 1:0.4:1) método por lotes y donde determino en el lote 1:4:1 fue la óptima. El ingrediente activo del Paratión metílico fue rápidamente degradado en menos de 10 min por medio de la reacción Fenton. La remoción del

ingrediente activo fue casi completa (>98%) y la remoción de la DQO obtenida después de tratar una solución acuosa del producto comercial (1000 mg /L y 2100 mg /L) fue superior a 90%. El estudio de los procesos avanzados de oxidación (PAO) se ha incrementado en las últimas dos décadas debido a que son una alternativa eficiente para disminuir la cantidad de materia orgánica y se basa, principalmente, en el uso de agentes oxidantes, tales como el peróxido de hidrógeno, la generación de radicales hidroxilo (OH•), entre otros, los cuales facilitan la degradación de materia orgánica y se pueden obtener por diferentes métodos químicos y electroquímicos. Dentro de los métodos electroquímicos se encuentra la oxidación anódica para la electro generación de los radicales libres OH• producidos por la oxidación del agua en el ánodo. La oxidación anódica es un método utilizado para remover tanto contaminantes orgánicos, como inorgánicos de aguas residuales de diferente origen. Por la problemática mencionada, en este proyecto se realizó el proceso avanzado de oxidación anódica, en la reducción de la DQO del efluente generado en la producción de la mezcla de plaguicida utilizada en la plantación de banano. Obteniendo resultados factibles.

METODOLOGÍA

El efluente fue recolectado en el aeródromo de Mazatán, Chiapas. A una temperatura de 34°C a las 13:58 horas.

Una vez colectados fueron depositados en garrafas de polipropileno, previamente lavados, en donde se transportó al laboratorio de análisis instrumental del instituto tecnológico de Tapachula. Para la determinación de los análisis correspondientes y

su resguardo a una temperatura de 10 °C. Se implementó un sistema de probabilidad estadística 2k con cinco variables (pH, agitación, densidad de corriente, concentración de electrolito y distancia de electrodos), cada variable consta de dos niveles (alto y bajo) a evaluar, obteniendo 32 tratamientos y como referencia se utilizó en una gráfica de datos Daniel plot indicando las variables más significativas de los tratamientos.

La oxidación anódica se llevó a cabo en un reactor con un volumen de 127 ml, del efluente plaguicida a una concentración inicial de 1000 mg/L, a temperatura ambiente, en completa ausencia de luz.

Se ajustó el PH del efluente a 2, con (H₂SO₄) al 10% V.V. la concentración de Na₂SO₄ a 0.06 molar, Para los electrodos se utilizó un ánodo de BDD y un cátodo de acero inoxidable sumergidos en la muestra con un área de 6.25 cm² cada uno y una distancia de 3 cm de separación, con una densidad de 40 mA/cm².

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó una prueba preliminar para el comportamiento del efluente plaguicida respecto al tiempo de oxidación obteniendo un valor significativo de la reducción de la DQO y se determinó el tiempo de oxidación de las pruebas resultantes del sistema factorial.

Las muestras del efluente se tomaron a diferentes intervalos de tiempo y se monitoreo la DQO, de cada una y en la Figura 1 se presenta el perfil de la concentración del plaguicida.

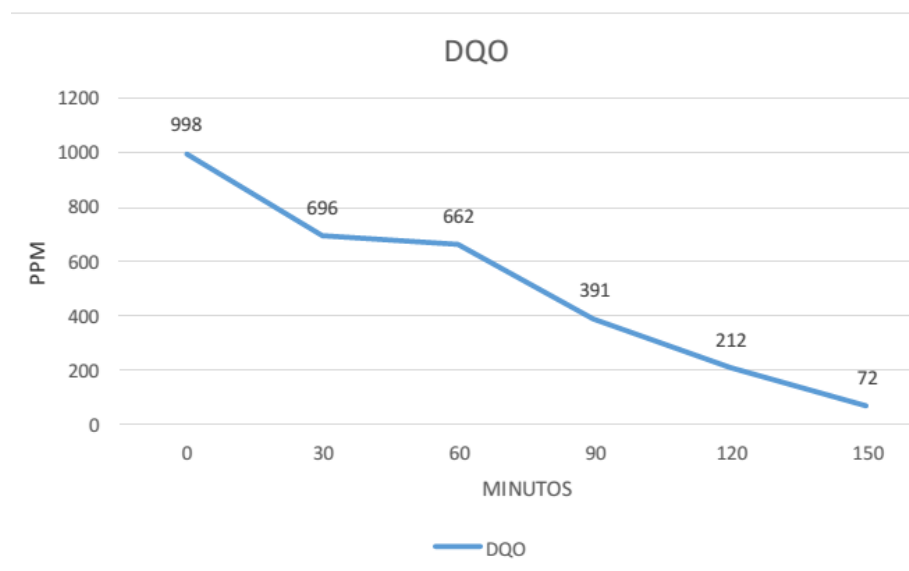


Figura 1. Perfil de comportamiento del efluente plaguicida.

En la Tabla 1 se presentan Resultados de la oxidación electroquímica efectuados en donde aparece el DQO inicial y el final además del porcentaje de remoción de cada prueba. Mientras que en la Figura 2 se presenta un perfil de las Variables más significativas en los procesos de oxidación anódica estudiados.

Tabla 1. Resultados de la oxidación electroquímica.

#	[.] ELECTROLITO	Ph	MA/CM2	DIST. ELECTRODOS	AGITACIÓN	DQO INICIAL	DQO FINAL	% REM.
1	0.02	2	16	2 cm	A	998	591	40.7
2	0.1	2	16	2 cm	A	996	569.7	42.8
3	0.02	5	16	2cm	A	999	506.4	49.3
4	0.1	5	16	2cm	A	990	393	60.3
5	0.02	2	64	2 cm	A	980	0	100
6	0.1	2	64	2 cm	A	995	736.3	26
7	0.02	5	64	2cm	A	979	265.3	72.9
8	0.1	5	64	2cm	A	987	715.5	27.5
9	0.02	2	16	4cm	A	998	722.5	27.6
10	0.1	2	16	4cm	A	997	645	35.3
11	0.02	5	16	4 cm	A	995	696.5	30
12	0.1	5	16	4 cm	A	991	700.6	29.1
13	0.02	2	64	4cm	A	984	75.7	92.3
13	0.02	2	64	4cm	A	984	75.7	92.3
14	0.1	2	64	4cm	A	982	158.1	83.9
15	0.02	5	64	4 cm	A	997	149.5	85
16	0.1	5	64	4 cm	A	990	398.9	59.7
17	0.02	2	16	2 cm	B	974	565.8	41.9
18	0.1	2	16	2 cm	B	988	641	35.5
19	0.02	5	16	2cm	B	979	578.5	40.9
20	0.1	5	16	2cm	B	960	480	50
21	0.02	2	64	2 cm	B	973	101.1	89.6
22	0.1	2	64	2 cm	B	989	112.7	88.6
23	0.02	5	64	2cm	B	976	47.6	95.2
24	0.1	5	64	2cm	B	996	0	100
25	0.02	2	16	4cm	B	977	519.7	46.8
26	0.1	2	16	4cm	B	980	660.52	32.6
27	0.02	5	16	4 cm	B	979	806.6	17.6
28	0.1	5	16	4 cm	B	992	699.3	29.5
29	0.02	2	64	4cm	B	984	895.8	88.2
30	0.1	2	64	4cm	B	996	347.6	65.1
31	0.02	5	64	4 cm	B	970	66.9	93.11
32	0.1	5	64	4 cm	B	989	502.4	49.2

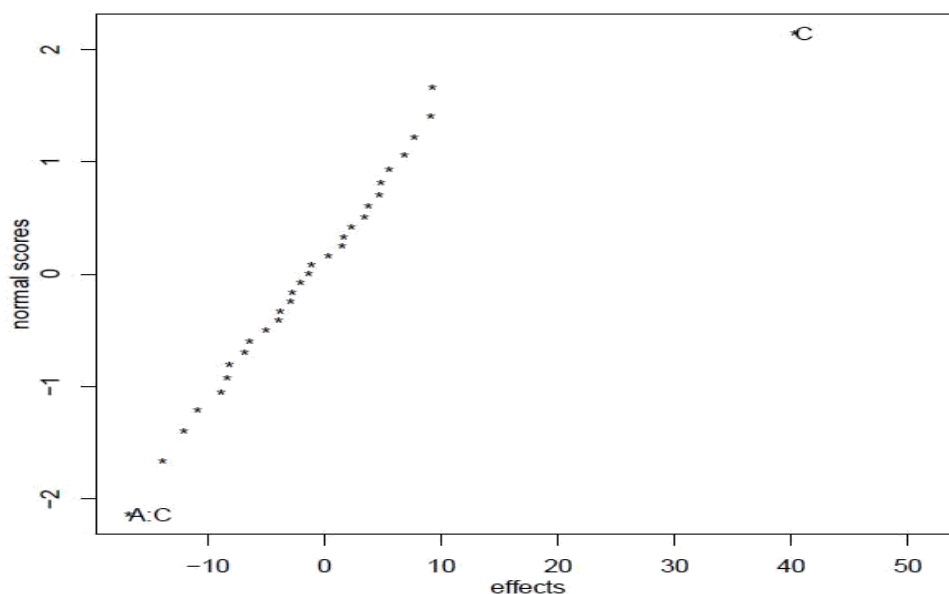


Figura 2. Variables más significativas en procesos de oxidación anódica.

CONCLUSIONES

La oxidación electroquímica resultó ser factible para la degradación de la carga orgánica en la mezcla de plaguicidas, sin embargo no se esperaba una remoción del ciento por ciento en las pruebas, para poder confirmar con exactitud las condiciones óptimas en la degradación de la molécula. Se recomienda usar menos tiempo de reacción en cada oxidación y si el ánodo es bipolar usar ambas caras del electrodo y de esta forma en lugar de trabajar con dos electrodos implementar tres, un ánodo (DDB) y dos cátodos de acero inoxidable.

Se espera que los resultados de esta investigación demuestren que este reactor de flujo puede ser utilizado eficientemente para la degradación de plaguicidas a nivel piloto, lo que sentará las bases para una posible aplicación industrial.

REFERENCIAS

Gutiérrez-Hernández R., Cruz-Esteban S., Vázquez A., Bello-Mendoza R. (2014); Tratamiento químico de agua contaminada con paration metílico por medio de la reacción oxidación Fenton.

Rodríguez J.J., Casas J.A., Mohedano A.F., Zazo J.A., Pliego G. y Blasco S. (2010). Aplicación del proceso Fenton a la depuración de efluentes industriales y contaminantes emergentes.

Ferré J. (2008) Grupo de quimiometría y cualimetría departamento de química analítica y química orgánica Universidad Rovira I Virgili (Tarragona): El diseño factorial completo 2k.