



Febrero 2017 - ISSN: 2254-7630

DEGRADACION DEL N-FOSFONOMETILGLICINA POR MEDIO DE LA APLICACIÓN ELECTROFOTOFENTON*

Ing. Wilson Enrique Raymondi Lomas, MSc

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Wilson Enrique Raymondi Lomas (2017): "Degradation del N-Fosfonometilglicina por medio de la aplicación electrofotofenton", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (febrero 2017). En línea: <http://www.eumed.net/rev/caribe/2017/02/electrofotofenton.html>

RESUMEN

En el proceso electroquímico se lleva a cabo reacciones que necesitan grandes cantidades de energía, a temperatura y presión ambiente, dependiendo de la cantidad de energía necesaria se realiza el ajuste del potencial de la celda. Se hace uso de la corriente eléctrica como agente oxidante es decir el ánodo de la celda y como agente reductor el cátodo y así producir la migración de iones en el reactor, este equipo es sencillo, en comparación con los convencionales. El estudio realizado se basa en el tratamiento del contaminante refractario glifosato, mediante técnica de tratamiento de oxidación avanzada electrofotofenton el mismo que muestra una a capacidad efectiva de mineralización del contaminante. Este proceso se realiza bajo condiciones acidas entre valores de 2 a 4 de pH, condición en la que se degradan compuestos orgánicos complejos no biodegradables.El

*Cabe mencionar que el artículo es un extracto de mi tesis de grado de Maestría en Gestión Ambiental, disponible en:

<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/13266>

estudio involucra la química de la reacción fenton, acompañado de fotólisis. La fotólisis consiste en irradiar luz ultravioleta con una longitud de onda de 450 nm, la misma que provoca la ruptura homolítica del peróxido de hidrógeno electrogenerado, formando de esta manera los radicales libres hidroxilo que serán los encargados de oxidar el glifosato presente en la solución. También se generan reacciones que involucran al hierro y que actúa como promotor en la reacción fenton, cambiando su estado de oxidación de Fe^{+2} a Fe^{+3} en la reacción de los radicales libres. La reducción del Fe^{+3} es generalmente más lenta que la oxidación de Fe^{+2} , por lo tanto el hierro existe principalmente en forma de Fe^{+3} dentro del sistema.

PALABRAS CLAVES: Electrofotofenton - Procesos Electrolíticos de Oxidación Avanzada -Ingrediente Activo - Degradación.

ABSTRACT

In the electrochemical process is carried out reactions that need big quantities of energy, to a normal temperature and pressure. Depending of the quantity of the energy needed, we make some adjusts of the potential of the cell. We use electrical current as an oxidant agent, which is the anode of the cell and as a reducer agent the cathode, for then to produce the migration of ions between both, inside of the system. The equipment that we use is very easy, in contrast with the one that we use in other techniques of remediation. The study is based on the treatment of the refractory glyphosate contaminant, through the technique of the advanced oxidation treatment Electro-Fenton, the same that shows an effective capacity of mineralization of the contaminant. This process is realized under acid conditions between values of 2 to 4 pH, condition in which degrade no biodegradable complex organics compounds.

The study involves the chemistry of the Fenton reaction, accompanied of the photolysis.

The photolysis consists in radiate ultraviolet light with a wave length of 450 nm, the same that cause the homolytic cleavage of the hydrogen peroxide electrogenerated, forming the radicals without hydroxyl that will be on charge to oxidize the glyphosate present in the solution. Also it generates reactions that involve iron, that act like promoter in the Fenton reaction, changing its oxidation state of Fe^{+2} to Fe^{+3} in the reaction of the free radicals. The reduction of Fe^{+3} is generally slower than the Fe^{+2} oxidation, therefore the iron exists mainly in form of Fe^{+3} inside the system.

KEYWORDS: Electrofofenton - Electrolytic Processes of Advanced Oxidation
- Active Ingredient - Degradation.

1.- INTRODUCCION

El N-fosfonimetilglicina es un herbicida de alta persistencia en un cuerpo de agua, mayor a 12 días, tiempo suficiente en el que altera los distintos componentes del ecosistema acuático. El estudio se centra en el empleo de un mecanismo eficiente que permita la degradación de esta compleja molécula, más aún cuando su uso se ha incrementado debido a la producción agrícola.

La degradación del glifosato se ve forzada por: la electrooxidación, acompañada de mecanismos de oxidación avanzada como lo son el ozono y la acción de radiación electromagnética de longitud de onda comprendida en 450 nm. Esta radiación es emitida por lámparas ultravioleta. Esta radiación posibilita la reducción de la forma estable bajo la que se encuentra el Fe^{+3} en disolución originando el radical oxidrilo y regenerando el carbón Fe^{+2}

En los procesos electroquímicos de oxidación avanzada (PEOA) dicho radical se forma a partir de la oxidación del agua en la superficie de un ánodo de elevado sobrepotencial de O_2 y de la reacción de Fenton entre el Fe^{2+} añadido al medio y el H_2O_2 electrogenerado en el cátodo por la reducción bielectrónica del O_2 .

La degradación del agente oxidante no genera ningún tipo de residuos, como sucede en otras tecnologías de remediación.

Objeto de estudio

El componente central de este equipo es un reactor electroquímico, en el que el agua a tratar entra en contacto con los electrodos, entre los que se establece una diferencia de potencial por medio de una fuente de alimentación.

El electrodo que conectado al polo negativo de la fuente de alimentación se denomina cátodo, y en él tienen lugar los procesos de reducción – transferencia electrónica desde el electrodo a la especie química. Los productos reducidos resultantes pueden pasar o formar parte del cátodo (electrodeposición) o pueden continuar en disolución (Electrorreducción). El electrodo conectado al polo positivo llamado ánodo, y en el tiene lugar la oxidación – transferencia electrónica hacia el electrodo desde la especie química – de algún compuesto presente en la disolución (electrooxidación), o bien la oxidación de parte del material electrodico (electrodisolución).

Para mantener el balance de cargas es necesario que dentro de la celda exista transporte de carga. Por ese motivo es necesario que haya adición de sales, ya que los aniones de las mismas transportaran cargas negativas hacia el ánodo y los cationes transportaran cargas positivas hacia el cátodo, cerrándose así el circuito de transporte de cargas tanto eléctrico como iónico.

Se evalúa la muestra mediante 3 técnicas diferentes:

- 1.- Por electrogeneración de la especie química Fe^{+2} , adicionando peróxido de hidrogeno a una concentración conocida.
- 2.- Por electrogeneración de la especie química peróxido de hidrogeno, adicionando sales de sulfato ferroso a una concentración conocida

3.- Por electrogeneración de las dos especies químicas que se generan en el electrodo adicionando sulfato ferroso y peróxido de hidrogeno. Al final ozono y radiación ultravioleta.

3.- Electro-Fenton

La capacidad de oxidación del peróxido de hidrogeno se incrementa fuertemente por la adición de una pequeña cantidad de sal de hierro, que puede ser sulfato ferroso o cloruro férrico, que actúa como promotor para producir radicales libres $\cdot\text{OH}$ según la siguiente reacción: (Sun,1993:304)



Esta reacción es un comúnmente conocida como la reacción de Fenton en honor a Henry John Horstman Fenton, el primero que describió este proceso en 1876 utilizando una mezcla de peróxido de hidrógeno y Fe^+ para destruir el ácido tartárico.(Fenton,1876:130; Fenton,1984:899)

De acuerdo con la reacción anterior, una vez que se producen los radicales $\cdot\text{OH}$ por medio del proceso Fenton, estos oxidan los compuestos orgánicos presentes en la solución.

El proceso Fenton es un sistema de oxidación atractivo para la depuración de aguas residuales, puesto que el hierro se encuentra de manera abundante en la naturaleza y no es toxico, aparte de que el H_2O_2 se puede producir fácilmente por vía electroquímica. (Peralta-Hernandez,2009:s,n.p.)

En un proceso tipo Fenton no solamente se lleva la reacción de generación de radicales $\cdot\text{OH}$, sino que ocurren otra serie de reacciones. Estas reacciones involucran el hierro, que actúa como promotor en la reacción de Fenton, cambiando



su estado de oxidación de Fe^{+2} a Fe^{+3} en la reacción de generación de los radicales libres. $\text{Fe}^{+2} + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{Fe}^{+3} + \cdot\text{OH} + \text{OH}^-$ (1), la reducción del Fe^{+3} , es generalmente más lenta que la oxidación de Fe^{+2} , por lo tanto el hierro esta principalmente en la forma Fe^{+3} , en este sistema. (Pignatello;1992:944).

Reducción del Fe^{+3}



Oxidación del Fe^{+2}



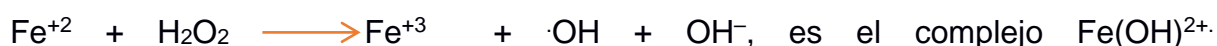
La reacción del Fe^{+3} con el peróxido de hidrogeno y del H_2O_2 con el radical $\cdot\text{OH}$

Llevar a la producción del radical hidroperoxilo (HO_2^*): $\text{H}_2\text{O}_2 + \cdot\text{O} \longrightarrow \text{HO}_2^* + \text{H}_2\text{O}$ (4)

Que posee una capacidad Oxidante menor que la del radical hidroxilo, lo que hace que disminuya la eficiencia del proceso.

4.- Electrofotofenton

El poder oxidativo del proceso electrofenton se puede incrementar utilizando la variante denominada Foelectro-Fenton (FEF). Este comporta la radiación UV de la solución contaminada mientras se trata mediante el proceso Electro-Fenton. A un pH próximo a 3, la especie predominante de Fe(III) generado por la reacción de Fenton:



Entonces la reacción fotolítica de la luz UV provoca la ruptura del complejo

$\text{Fe}(\text{OH})^{+2}$ mediante su fotorreducción, lo que ocasiona una producción adicional de radicales $\cdot\text{OH}$, además de liberar Fe^{+2} dejándolo disponible nuevamente para acelerar la reacción de Fenton.

La reacción es la siguiente:



La radiación de luz UV es de 320 a 400 nm permite la rápida fotólisis de compuestos complejos.

La radiación UVC también permite que se lleve a cabo la fotólisis del peróxido de hidrógeno para generar radicales hidroxilo por la reacción:



Por lo que así se incrementa la capacidad de oxidación del sistema, resultando una forma de tratamiento que se puede llevar a cabo a un nivel de magnitud industrial con éxito, disminuyendo DQO y toxicidad.

5.- CONCLUSIONES

1.- Se obtiene una recta de pendiente igual a $-K$, dando lugar a una reacción de primer orden. Existe una relación directa entre la temperatura y la velocidad de reacción, lo que permite que el mecanismo de reacción degrade la sustancia recalcitrante.

2.- Se degrada el activo n- fosfometilglicina en un 99,64 %, mediante la aplicación electrofotofenton.

3.- Mediante pruebas experimentales se determinó que la prueba más eficiente es en la que se adicionó el sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno en el reactor electroquímico, acompañado de dosificación de ozono y radiación ultravioleta, durante 45 minutos.

BIBLIOGRAFIA

Chamarro,2001:1047-1051 Use of fenton reagent to improve organic chemical biodegradability.

Conte, L; Farias, J.; Parisi, P.; Albizzati, E.D.; Afano, O.M. 2011, Congreso; V Congreso Iberoamericano sobre Desarrollo Ambiente de Redibec-V Cisd, Tratamiento de aguas de lavado conteniendo agroquímicos aplicando un Proceso Avanzado de Oxidación.

Hao,2000:449-505;Kuo,1992:881-886.Decolorization of wastewater.

<http://docencia.udea.edu.co/cen/electroquimicaII/electrocatalisis/electrocatalisis.pdf>

<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/13266>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Glifosato>.

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642014000400018

GilPavas *et al.*, 2009; Mohan, Balasubramanian, y Basha, 2007.

Glyphosate Task Force 17 Julio 2013, <http://www.glifosato.es/historia-del-glifosato>.

Journal of the Mexican Chemical Society Vol.58 No.3 México Jul./Sep. 2014.

Kavitha,2004:1235-1243.The role of ferrous ion in Fenton and Photo-fenton processes for degradation of phenol.

Liu,2010:665-671. Effect of alkali cations on heterogeneous photo-Fenton process mediated by Prussian blue colloids.

Martínez-Huitle y Brillas, 2009.

Neyens,2003:33-50. A review of classic Fenton peroxidation as an advanced oxidation technique.

<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>

Pletcher,1982:249,Coeuret,1992:27,Industrial Electrochemistry.

Steinrücken, H.C.; Amrhein, N. (1980). "The herbicide glyphosate is a potent inhibitor of 5-enolpyruvylshikimic acid-3-phosphate synthase.

<https://es.wikipedia.org/wiki/Glifosato>.

Ventura,2002:3517-3522.Electrochemical generation of the Fenton reagent: application to atrazine degradation.

Yavuz,2010:201-205.Treatment of petroleum refinery wastewater by electrochemical methods.