

# VIABILIDAD DEL SISTEMA SOXHLET COMO ALTERNATIVA PARA GENERAR INHIBIDORES VERDES DE CORROSIÓN A PARTIR DE CÁSCARA DE MANZANA RED DELICIOUS (*Pyrus malus*)

Virginia Lidia Gómez Chacón, Alberto Martínez Villafaña<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. (CIMAV)

Departamento de Medio Ambiente y Energía

Miguel de Cervantes 120. Complejo Industrial Chihuahua. 31109 Chihuahua, Chih. México

+52 (614) 439-1148 alberto.martínez@cimav.edu.mx



## ABSTRACT

The extraction of phenolic compounds from apples is proposed using Soxhlet methodology. An Anova design it is suggested to analyse the effects of solvent concentration (metanol or acetone), temperature and time on the extraction of total phenolic content, total flavonoids and antioxidant capacity. Analysis of the individual phenolics will be performed by HPLC in optimal extraction conditions. Background information suggested that extraction with methanol is the most efficient, however, a combination of the solutions (metanol and acetone) is proposed for this better analysis of variables. Sulfuric acid is an aggressive medium for carbon steel, which is why recommended using in this study.

## INTRODUCCIÓN

La corrosión es un problema que demanda gastos millonarios en mantenimiento correctivo. [1]

Se le llama corrosión a la degradación de un material sometido a un medio agresivo en donde se producen reacciones de oxidación-reducción. [1] La Figura 1 muestra un ejemplo de los alcances que puede presentar este problema. [1]

Es importante usar métodos para combatir la corrosión, como el uso de inhibidores, considerando los requisitos ambientales que se imponen actualmente como obligatorio hacia la toma de conciencia sobre el uso y desarrollo de inhibidores químicos más limpios y de menor riesgo de salud, efecto asociado con algunos inhibidores inorgánicos peligrosos y tóxicos. [1]

Observando que la cáscara de manzana tiene una gran capacidad para evitar la oxidación de la pulpa de la fruta, convierte la convierte en una probable fuente de materia prima, para la producción de un inhibidor de corrosión.

El objetivo es utilizar el método Soxhlet para obtener un extracto, y usarlo como inhibidor de corrosión en acero al carbono 1018, sometido a un medio ácido. La Figura 2 muestra que el mecanismo de corrosión en acero, consiste en un intercambio de iones y el efecto de un inhibidor de corrosión.

La disponibilidad (Figura 4) de manzana Red Delicious en Chihuahua, es en promedio 180 000 Toneladas anuales, a nivel mundial, China, Estados Unidos e Irán, son los principales productores de manzana. [3]

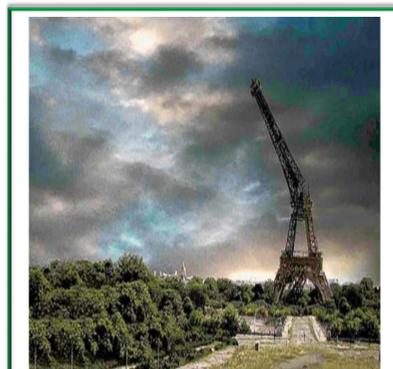


Figura 1. Predicción del efecto relacionado con el proceso de corrosión. Fuente: <https://elbauldejoseite.wordpress.com>

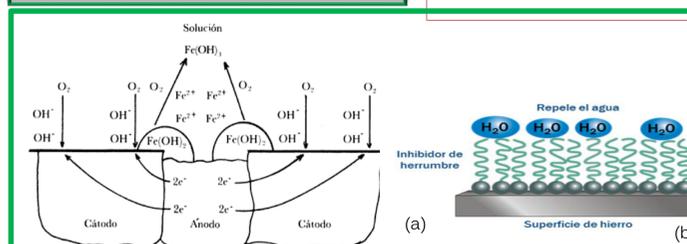


Figura 2. Esquema representativo del mecanismo de corrosión en acero (a) y el efecto de un inhibidor de corrosión (b). Fuente: S. Sastri, Green Corrosion Inhibitors, Hoboken, New Jersey: John Wiley & sons, Inc., 2011.

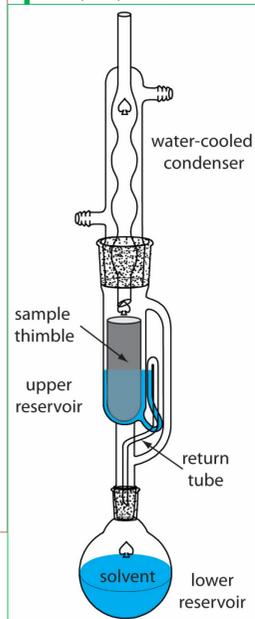


Figura 3. Esquema del equipo Soxhlet. Fuente: <http://chemwiki.ucdavis.edu>

## METODOLOGÍA

### Extracción

Utilizar equipo Soxhlet (Figura 3), sometiendo la cáscara de manzana Red Delicious al proceso de extracción con diferentes solventes: metanol, acetona y una mezcla de acetona y metanol (50 - 50 % v) para medir la eficiencia de resistencia a la corrosión. [4]

### Pruebas electroquímicas

Con un Potenciostato, se determina la resistencia del extracto a la conductividad y por lo tanto, su eficiencia como inhibidor. Se utiliza: un electrodo formado por cilindros de acero 1018 de 1 cm<sup>2</sup> encapsulado en resina, 50 mL de disolución 1 M de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> con 100, 500 y 1000 µL del extracto, comparando con un blanco, en condiciones estáticas.

### Caracterización

Se propone la caracterización por espectrometría, del extracto con mejores resultados de resistencia a la conductividad para determinar la cantidad de compuestos polifenólicos presentes en la muestra, usando el método Folin-Ciocalteu. [2]



Figura 4. Representación de la disponibilidad de materia prima. Fuente: [laslentejas.com](http://laslentejas.com)

## RESULTADOS

El método de extracción Soxhlet se considera un procedimiento eficiente, al permitir el contacto del solvente con la materia prima, sin someterla a calentamiento directo.

El Potenciostato demostrará la oposición que presenta el sistema cuando se aplica un potencial electroquímico, como se observa en la Figura 5, la impedancia de un extracto con metanol, muestra que a mayor concentración, mejor resistencia. Un Potenciostato Galvanostato, refleja la resistencia a la polarización del sistema. Por medio de espectrofotometría (ICP-MS), es posible conocer la concentración de compuestos polifenólicos presentes en el extracto.

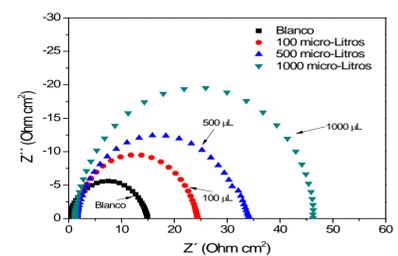


Figura 5. Gráfica de impedancia, extracto con metanol a diferentes concentraciones.

## CONCLUSIONES

De manera natural, la cáscara de manzana protege a la fruta de la oxidación, así, se considera como materia prima para la obtención de un inhibidor verde de corrosión. Proceso que resulta de gran interés, tomando en cuenta que la cantidad de manzana producida en el estado de Chihuahua y su uso en la producción de jugo a nivel regional, puede generar una fuente importante de residuos susceptibles de aprovecharse para generar beneficios como: *fuentes de empleo, uso de materia de desecho y la fabricación de un producto factiblemente eficiente y amigable con el medio ambiente*, evita la corrosión en procesos de producción industrial. Los análisis permitirán hacer una predicción de la viabilidad para utilizar cáscara de manzana como fuente para generar un inhibidor verde de corrosión.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] V. S. Sastri, Green Corrosion Inhibitors, Hoboken, New Jersey: John Wiley & sons, Inc., 2011.
- [2] X. Wang, et al «Phenolic compounds and antioxidant activity red-fleshed apples,» *Science Direct*, vol. 6, nº 2, pp. 1-9, 2014.
- [3] N. Callejas Juárez, Evaluación de Alianza para el Campo de los Sistemas Productores Frutícolas en el estado de Chihuahua. Universidad Autónoma de Chihuahua, 2007
- [4] M. D. L. d. Castro, «Soxhlet extraction: Past and present panacea,» *Journal of Chromatography A*, vol. 12, nº 17, pp. 2382-2389, 2010.



## AGRADECIMIENTOS

Doctor Alberto Martínez Villafaña  
 M.C. Juan Pablo Flores de los Ríos  
 M.C. Mónica Moreno López  
 CIMAV  
 CONACYT