

**JIFI2018**  
JORNADAS DE INVESTIGACIÓN  
ENCUENTRO ACADÉMICO INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA UCV

## ESTUDIO DEL EFECTO INHIBIDOR DE EXTRACTOS ORGÁNICOS NATURALES SOBRE EL COMPORTAMIENTO CORROSIVO DE ACEROS ESTRUCTURALES MEDIANTE ENSAYOS GRAVIMÉTRICOS

Maribel Suarez<sup>1\*</sup>, Johnny Tarazona<sup>1</sup>, Angela Castro<sup>1</sup>, Francisco Yanez<sup>2</sup>, José Leon<sup>3</sup>, Anna Di Prinzio<sup>4</sup>, y Wilfrido Gonzalez<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Centro de Nuevos Materiales y Corrosión (CENMACOR), Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

<sup>2</sup>Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

<sup>3</sup>Centro de Investigación y Desarrollo de Aceros Inoxidables (CINDACI), Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

<sup>4</sup>Centro de Microscopía Electrónica (CME), Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

<sup>5</sup>Departamento de Ciencia de los Materiales, Universidad Simón Bolívar, Valle de Sartenejas, Baruta, Venezuela

\*[suarezm22@gmail.com](mailto:suarezm22@gmail.com)

### RESUMEN

La corrosión es el deterioro en las propiedades físicas y químicas de un metal debido a la interacción con el medio que lo rodea. El conocimiento sobre la velocidad de corrosión se hace apremiante ya que a nivel industrial, la corrosión es causa común de pérdidas económicas, es entonces cuando surge la necesidad por parte de la industria, de aplicar tecnologías que mitiguen este fenómeno, entre estas tecnologías está el empleo de inhibidores de corrosión, los cuales son aditivos que se agregan en pequeñas concentraciones al ambiente corrosivo para disminuir la velocidad de corrosión. El gran problema es que la mayoría de los inhibidores comerciales son nocivos al medio ambiente. Es por esto, que surge la motivación de evaluar extractos de frutas y plantas, para comprobar su eficiencia como inhibidores orgánicos naturales de corrosión desarrollados a bajo costo, no tóxicos para el medio ambiente y que sean competitivos con los existentes en el mercado. Por lo anteriormente expuesto, el presente trabajo tiene como objetivo principal el evaluar la eficiencia de extractos orgánicos naturales, como inhibidores de los procesos corrosivos en aceros estructurales con diferentes acabados superficiales mediante ensayos gravimétricos. Se evaluó el efecto inhibidor de tres extractos (mango, Aloe Vera y Naranja) en un acero estructural 1030, como medio corrosivo se utilizó NaCl 5%. Los productos formados se evaluaron mediante la técnica de microscopía óptica (MO). Los resultados mostraron que el extracto de mango presentó la mayor eficiencia.

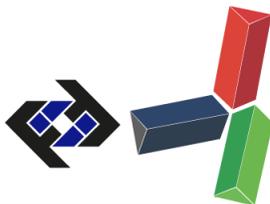
*Palabras Clave: Corrosión electroquímica, Inhibidores, Aloe Vera, Mango, Naranja.*

#### SECRETARÍA DE LAS JORNADAS.

Coordinación de Investigación. Edif. Física Aplicada. Piso 2. Facultad de Ingeniería.

Universidad Central de Venezuela. Ciudad Universitaria de Caracas. 1053

Telf.: +58 212-605 1644| <http://www.ing.ucv.ve>



## ABSTRACT

Corrosion is the deterioration in the physical and chemical properties of a metal due to the interaction with the environment that surrounds it. The knowledge about the corrosion rate becomes urgent because at industrial level, corrosion is common cause of economic losses, that is when the need arises on the part of the industry, to apply technologies that mitigate this phenomenon, among these technologies is the use of corrosion inhibitors, which are additives that are added in small concentrations to the corrosive environment to reduce the corrosion rate. The big problem is that most commercial inhibitors are harmful to the environment. This is why the motivation to evaluate extracts of fruits and plants, to check their efficiency as natural organic corrosion inhibitors developed at low cost, are not toxic to the environment and are competitive with those existing in the market, because all this the main objective of this work is to evaluate the efficiency of natural organic extracts, as inhibitors of corrosive processes in structural steels with different surface finishes through gravimetric tests. The inhibitory effect of three extracts (Mango, Aloe Vera and Orange) was evaluated in a 1030 structural steel, NaCl 5% was used as the medium. The products formed were evaluated by the technique of optical microscopy (OM). The results showed the mango extract presented the highest efficiency.

*Keywords: Corrosión electroquímica, Inhibidores, Aloe Vera, Mango, Naranja.*

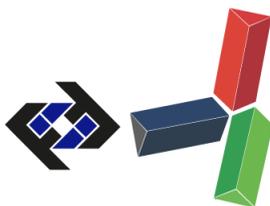
## INTRODUCCIÓN

El empleo de materiales metálicos facilita las condiciones actuales de vida, se considera que se ha creado una dependencia tal, que sería prácticamente imposible hablar de desarrollo, avance y modernidad sin el uso de los materiales metálicos. Estos tienen una elevada susceptibilidad para corroerse. Los metales tienden a deteriorarse por un proceso electroquímico, que puede iniciarse por la presencia de oxígeno, ya que este elemento favorece la oxidación superficial de los materiales y se encuentra presente prácticamente en cualquier ambiente terrestre: aire, agua o suelo, por lo que la corrosión de los metales es un proceso inevitable.

Debido a los procesos de corrosión la sociedad se han visto en la necesidad de ir a la par con los avances del desarrollo industrial, pero a su vez desarrollando técnicas efectivas que permitan combatir y controlar este fenómeno que ocasiona pérdidas directas e indirectas dentro de la industria, debido a la interrupción en la producción mientras dura la reparación o sustitución de componentes dañados por corrosión y así permitir extender la vida útil de servicio de las estructuras metálicas y prolongar los períodos de mantenimiento necesarios.

Entre las diversas técnicas de protección, el empleo de inhibidores es uno de los más utilizados y efectivos para la prevención y control de éste fenómenos. Los inhibidores son sustancias que se agregan en pequeñas concentraciones en el medio corrosivo, disminuyendo así la velocidad de corrosión y, la reacción entre el metal y el medio. Sin embargo, algunos de estos compuestos pueden ser demasiado costosos y peligrosos para los seres vivos debido a su alta toxicidad. El desarrollo de inhibidores de corrosión ambientalmente amigables obtenidos a partir de extractos orgánicos naturales, que lleven al reemplazo de los tradicionales, es una necesidad dada la alta toxicidad, persistencia en el ambiente, bioacumulación y alto riesgo para la salud de los seres humanos [1].

En la actualidad, hay una tendencia hacia el desarrollo de inhibidores a partir de extractos de origen natural, para la inhibición de la corrosión del acero en distintos medios, se han propuesto



el uso de una diversidad de extractos de plantas debido que contienen una maravillosa fuente de compuestos químicos que pudiesen ser atractivos a la industria nacional, ya que se presentan como un producto sintetizado naturalmente, ambientalmente aceptable y cuyo proceso sería menos tóxico que el industrial que actúan como inhibidores.

Los extractos vegetales ofrecen algunas ventajas como no ser tóxicos, son biodegradables, se encuentran fácilmente disponibles y provienen de fuentes renovables. Muchos estudios han utilizado extractos de partes de plantas como semillas, frutas, hojas, flores, como inhibidores de corrosión. En los extractos de plantas, se encuentran presentes un gran número de compuestos químicos, especialmente heterocíclicos con presencia de átomos de azufre, nitrógeno, oxígeno y fósforo que han demostrado inhibir la corrosión de manera eficiente [2].

Por lo que el presente trabajo tiene como objetivo evaluar la eficiencia de extractos orgánicos naturales, como inhibidores de los procesos corrosivos en aceros y así contribuir con la búsqueda de alternativas en el desarrollo de nuevos productos que no dañen al medio ambiente.

## METODOLOGÍA

Se partió de una barra cilíndrica de acero estructural ASTM 1030, la composición química nominal se presenta en la Tabla 1 [3]. Se cortaron discos de 0,8 cm de espesor, se dividieron en 2 grupos, a uno de los grupos se le realizó un desbaste con papel abrasivo de carburo de silicio solo grado 80, mientras que al otro grupo se desbaste con papel abrasivo de grados 80, 120, 240, 320, 400 y 600.

**Tabla 1.** Composición química porcentual del acero estructural ASTM 1030.

Carbono	Manganeso	Silicio	Azufre	Fosforo	Hierro
0,28 – 0,34	0,60 – 0,90	0,15 – 0,30	0,050 máx	0,040 máx	Resto

Seguidamente se lavaron, secaron y pesaron cada muestra para determinar su masa inicial, para lo cual se empleó una balanza analítica marca Shimadzu serie AUY220, con una precisión de 0,0001 gr.

Los ensayos gravimétricos se realizaron a temperatura ambiente, sumergiendo las muestras metálicas en soluciones de NaCl al 5% durante un periodo de 30 días. Durante el ensayo las muestras fueron secadas y pesadas para observar y analizar su degradación progresiva semanalmente, hasta la culminación el estudio (ASTM G 31) [4]. Posteriormente, se realizó un decapado con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 5%, para evaluar la actuación del extracto sobre la superficie metálica.

Para el análisis de las superficies de las muestras sometidas a los ensayos gravimétricos, antes y después del decapado, se empleó un Microscopio Óptico Metalográfico marca Olympus GX51, acoplado a un analizador de imagen IA32, marca LECO para el registro de las fotomicrografías.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1.- Análisis y caracterización metalográfica del acero estructural.

A continuación, se muestra los resultados obtenidos de la caracterización metalográfica del acero en estudio.



**Figura 1.-** Fotomicrografía correspondiente a la microestructura del acero en estudio. Ataque Nital 2%. 200X.

En la Figura 1, se muestra la fotomicrografía de la microestructura del acero en estudio, se evidencia una estructura de granos equiaxiales ferríticos (área clara) y colonia perlítica (área oscura). La muestra fue atacada para revelar la microestructura con nital al 2%, por un tiempo de 6 segundos. Esta microestructura concuerda con la reportada por la literatura [3].

Adicionalmente, se determinó el porcentaje de Carbono y Azufre que posee la muestra a través de un análisis químico mediante la técnica de gasometría. En la Tabla 2 se observan los resultados obtenidos de porcentaje de carbono y azufre, dando como resultado un porcentaje de carbono de 0,3, por lo que se estima que se trata de un acero al carbono 1030, este resultado concuerda con los resultados de la caracterización microestructural presentada en la Figura 1.

**Tabla 2.** Porcentaje de Carbono y Azufre del acero en estudio.

Carbono	Azufre
0,31	0,040

Los ensayos de inmersión se realizaron por un tiempo de 840 horas de exposición, en una solución de NaCl al 5%. Posteriormente, las muestras fueron retiradas de la solución, secadas, pesadas e inspeccionadas visualmente.

## **2.- Microscopia óptica de las muestras con cada condición después de estudio en los ensayos gravimétricos de inmersión**

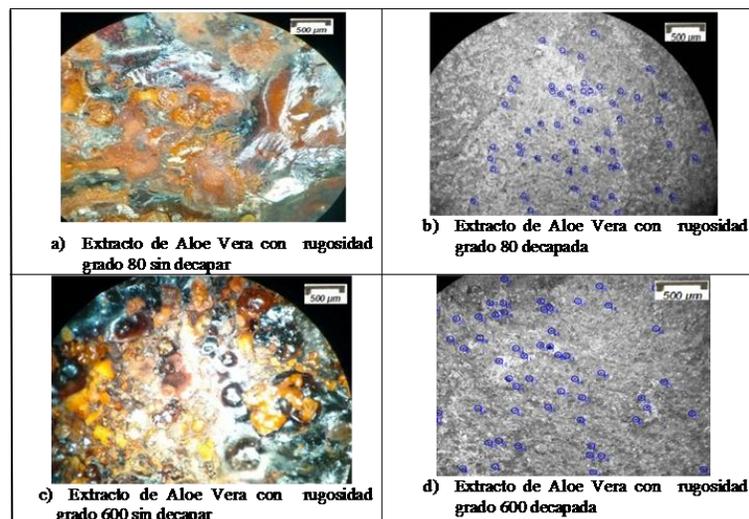
A continuación, se muestran las fotomicrografías antes y después del decapado químico tomadas a 50X, luego de realizar el ensayo gravimétrico de inmersión basado en la norma ASTM G31[4] a las distintas condiciones de estudio para las muestras de acero estructural 1030, sumergido en una solución de cloruro de sodio al 5% durante un periodo de 840 horas.

### **2.1- Extracto de Aloe Vera**

En la Figura 2(a-d), se presenta el efecto del extracto de aloe vera en el acero 1030, en condición de inmersión. En la Figura 2(a), se aprecia como el extracto natural no posee buena adherencia en la superficie de la probeta, ocasionando formación de ampollas de distintos tamaños y formas la cuales se rompen dejando expuesta el substrato metálico y una formación de capa fina de óxido en gran parte de la probeta.

Con respecto a la Figura 2(b), la superficie presenta gran cantidad de picaduras, adicionalmente el daño presentado en la muestra decapada es superficial, donde se aprecia una alteración de la rugosidad en la superficie del sustrato metálico. Se puede observar en la Figura 2(c) gran deterioro de la superficie de la muestra, donde se observa formación de óxidos en forma cónica, ampollas de distintos tamaños, pero también se observan zonas de metal expuesto sin presencia de óxido, por lo que se presume que en estas áreas el extracto de aloe vera actuó como inhibidor. Para el caso de la Figura 2(d) una vez decapada la muestra se observó daño en toda la superficie, con presencia de picaduras.

En resumen, se podría establecer que el extracto de Aloe Vera presentó un mejor efecto inhibitor en las muestras de acero 1030 con acabado superficial grado 80, la cantidad de picaduras podría ser debido a que en el proceso de aplicación y secado del extracto se evaporó el solvente dejando zonas con una película del extracto y zonas sin la misma, lo cual concuerda con lo reportado por Freitas *et al* [5].



**Figura 2.-** Fotomicrografía de muestras de acero 1030 sometidas a ensayo gravimétrico antes y después del decapado químico, a diferentes condiciones de estudio del extracto de Aloe Vera. 50X.

## 2.2- Extracto de Mango

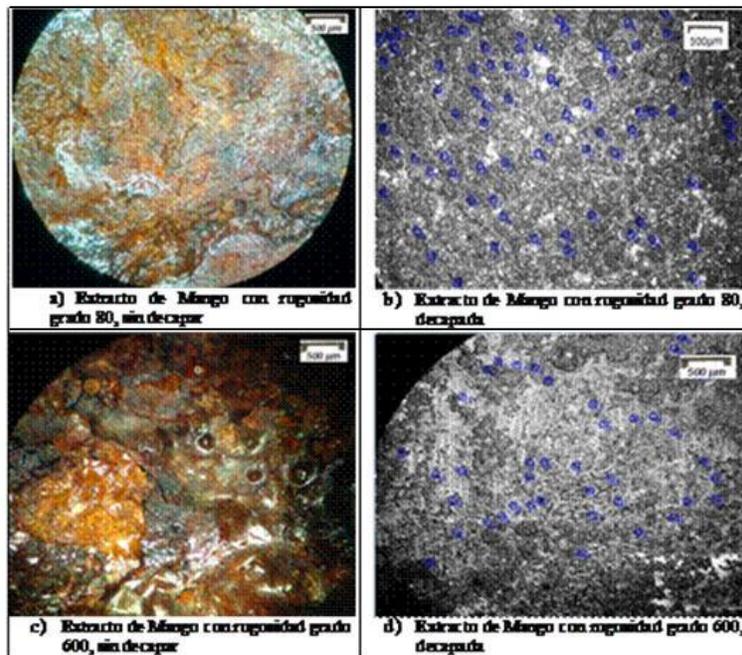
La Figura 3(a-d) presenta las muestras sometidas a ensayo gravimétrico antes y después del decapado químico a diferentes condiciones de estudio del extracto de Mango.

En la Figura 3(a), se observa una capa de coloración marrón oscura la cual representa la formación de una película muy fina sobre la superficie, hay zonas con presencia de óxido y zonas libres donde extracto actuó como una película protectora. En el caso de la Figura 3(b) se visualizan picaduras, identificadas por círculos azules. Estas picaduras son de menor tamaño en comparación a los vistos de las muestras recubiertas con los extractos de aloe vera y naranja.

En la Figura 3(c), se aprecia una película fina agrietada con zonas descubiertas con presencia de óxido, adicionalmente se observa gran formación de ampollas pequeñas en gran parte de la probeta y acumulación de óxidos en forma cónica en zonas localizadas.

Para el caso de la Figura 3(d), se aprecia una superficie con áreas rugosas y áreas sin daño donde se aprecia las líneas del lijado, hoyuelos de tamaños más grandes lo que se presume la presencia de picaduras más profundas.

En resumen, el extracto de mango, presentó un mejor comportamiento inhibitor, en el acabado superficial grado 600.

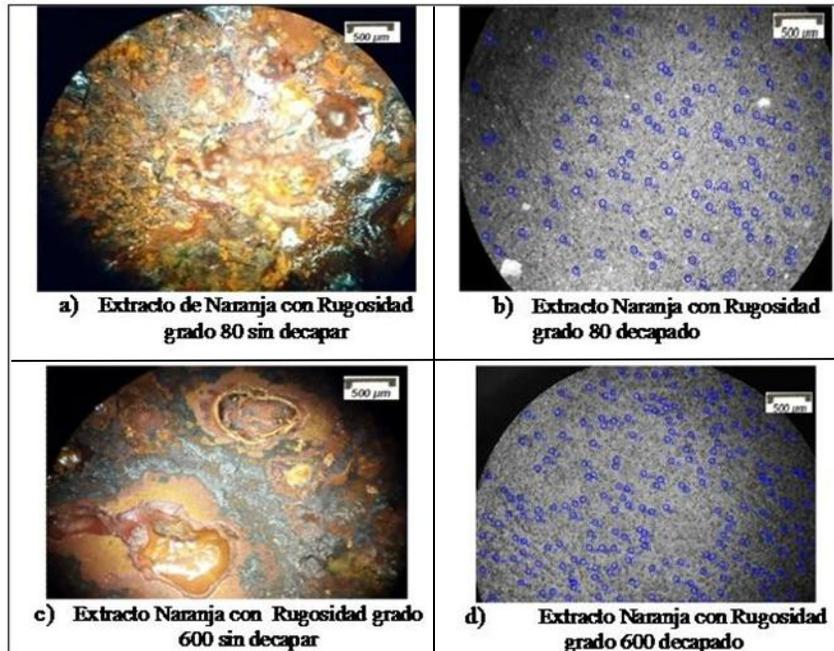


**Figura 3.-** Fotomicrografía muestras de acero 1030 sometidas a ensayo gravimétrico antes y después del decapado químico a diferentes condiciones de estudio del extracto de Mango. 50X.

### 3.- Extracto de Naranja

El efecto del extracto de naranja sobre superficie de acero en inmersión se muestra en la Figura 4(a-d); para el caso de Figura 4(a) se aprecia una gran acumulación de óxido en casi toda la superficie del sustrato metálico. En la Figura 4(b), se observa una superficie con daño suave y presencia de picaduras, en la Figura 4(c) se presenta una superficie con zonas corroídas y zonas metálicas sin daño. El efecto inhibitor ocurrió en aquellas zonas donde el extracto permaneció después del proceso de secado, alrededor de las zonas de las ampollas se tiene la presencia de óxido, seguramente debido al efecto área catódica. En la Figura 4(d), se aprecia que una vez decapada la muestra, a pesar de la presencia de óxidos, se presentó un menor daño superficial en comparación con la muestra con preparación superficial grado 80.

En resumen, el extracto de Naranja presentó la mayor eficiencia para las dos condiciones superficiales, en comparación con los otros extractos.



**Figura 4.-** Fotomicrografía muestras de acero 1030 sometidas a ensayo gravimétrico antes y después del decapado químico, a diferentes condiciones de estudio del extracto de Naranja. 50X.

### 3.- Cálculo de la eficiencia de los extractos.

**Tabla 3.** Eficiencia de los extractos naturales con grado de rugosidad N° 600, obtenida de ensayo gravimétrico.

	<b>Eficiencia (%)</b>
<b>M 600</b>	73,67
<b>A 600</b>	63,20
<b>N 600</b>	58,71

**Tabla 4.** Eficiencia de los extractos naturales con grado de rugosidad, obtenida de ensayo gravimétrico.

	<b>Eficiencia (%)</b>
<b>M 80</b>	75,69
<b>A 80</b>	59,36
<b>N 80</b>	57,16

De las tablas 4 y 5, se puede observar que la mayor eficiencia la presenta el extracto de mango, en la condición superficial de rugosidad grado 80 con un valor de 75,69%, estos resultados concuerdan con los de Díaz [2], en el caso del Aloe Vera la mayor eficiencia la presenta la condición superficial de rugosidad grado 600 con un valor de eficiencia de 63,20%, mientras que el extracto de naranja los porcentajes fueron similares para las condiciones superficiales grado 600 y 80 (58,71% y 57,16 % respectivamente), de acuerdo al estudio de la superficie realizado por MO, se observaron zonas sin ataque y zonas con presencia de productos de oxido en todas las condiciones, por lo que se presume que se deposita una delgada película del extracto, el cual al evaporarse el solvente del extracto, se contrae la película lo que deja áreas protegidas y desprotegidas, por lo que se asume que ocurre un proceso de deposición de fisiadsorción, y que para algunos extractos como el caso del Aloe Vera y el Mango [2,5], influye la preparación superficial para tener mayor adsorción de la película que se forma en la superficie.

## CONCLUSIONES

De los ensayos gravimétricos, se determinó que la mayor eficiencia la presentó el extracto de mango para las dos condiciones superficiales, siendo mayor en el caso de la preparación superficial grado 80 (75,69%), en el caso del extracto de Aloe Vera, la mayor eficiencia se obtuvo con el acabado superficial grado 600 (63,20%), mientras que el extracto de naranja presenta valores de eficiencia similares para ambos acabados superficiales. El proceso de deposición del extracto es por fisiadsorción.

## REFERENCIAS

- [1] Ramses I. (2014) Tesis doctoral: Inhibidores de corrosión de acero en medios ácidos a partir de extractos naturales. Universidad Autónoma de Baja California.
- [2] Díaz W. (2015) Trabajo Especial de Grado: Evaluación de la eficiencia de inhibidores biodegradables disueltos en resina comerciales. Efecto de la condición superficial en aceros estructurales. Universidad central de Venezuela.
- [3] ASM. ASM Handbook: Metallography and Microstructures, 7 (1992).
- [4] ASTM G31-72 Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals, 13 (2004)
- [5] Freitas, J. y González, A. (2011). Trabajo Especial de Grado: Evaluación de la Resistencia a la Corrosión del Acero al Carbono y el Acero Inoxidable Mediante el Uso de Inhibidores en Pruebas Estáticas de Laboratorio. Universidad Central de Venezuela.