



# KUXULKAB'

REVISTA DE  
**DIVULGACIÓN**

ISSN 1665-0514

División Académica de Ciencias Biológicas

• Volumen XIX • Número 37 • Julio-Diciembre 2013 •

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco



# KUXULKAB'

ISSN – 1665-0514

## REVISTA DE DIVULGACIÓN

División Académica de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

*Kuxulkab' Voz chontal - tierra viva, naturaleza*

### CONSEJO EDITORIAL

Dra. Lilia Ma. Gama Campillo  
**Editor en jefe**

Dr. Randy Howard Adams Schroeder  
Dr. José Luis Martínez Sánchez  
**Editores Adjuntos**

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo  
**Editor Asistente**

### COMITÉ EDITORIAL EXTERNO

**Dra. Silvia del Amo**  
Universidad Veracruzana

**Dr. Bernardo Urbani**  
Universidad de Illinois

**Dr. Guillermo R. Giannico**  
Fisheries and Wildlife Department,  
Oregon State University

**Dr. Joel Zavala Cruz**  
Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco

**Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez**  
División Académica de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Publicación citada en:

El índice bibliográfico PERIÓDICA, índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.

Disponible en <http://www.dgbiblio.unam.mx>

<http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab>

KUXULKAB' Revista de Divulgación de la División Académica de Ciencias Biológicas, publicación semestral de junio 2001. Número de Certificado de Reserva otorgado por Derechos: 04-2003-031911280100-102. Número de Certificado de Licitud de Título: (11843). Número de Certificado de Licitud de Contenido: (8443). Domicilio de la publicación: Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco. C.P. 86039 Teléfono Conmutador: 3581500 ext.6400 Teléfono Divisional: 3544308, 3379611. Dirección electrónica: <http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab> Imprenta: M.A. Impresores, S.A. de C.V. Av. Hierro No. 1 Mza. 3 Ciudad Industrial C. P. 86010 Villahermosa, Tabasco. Distribuidor: División Académica de Ciencias Biológicas Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039 Villahermosa, Tabasco.

### **Nuestra Portada**

Diversas fotografías de hongos (crecimiento micelial, hongos microscópicos y agaricoides).

### **Diseño de:**

Lilianna López Gama y María Cristina Sarao Manzanero.

### **Fotografías:**

Karen Martínez Rivera, José Edmundo Rosique Gil, Reyna Luz Hernández Ramos, Santa Dolores Carreño Ruiz, Silvia Cappello García, Rigoberto Gaitán Hernández, Joaquín Cifuentes Blanco, Víctor Herman Gómez García, Silvia Cappello García y Luisa del Carmen Cámara Cabrales.

**Estimados lectores:**

La División Académica de Ciencias Biológicas se encuentra en un momento de cambio en relación a su revista de divulgación con una nueva imagen. Este reto representa una transformación en muchos sentidos para lograr una modernización en los procesos para su edición y publicación. Con un ambicioso plan de desarrollo que nos proyecte a la internacionalización, hoy nuestra universidad requiere de cambios radicales en muchas áreas y temas que nos permitan mantener los indicadores con productos de calidad en todos los temas como son las publicaciones periódicas de las diferentes áreas de difusión y divulgación. Por lo mismo nuestra revista está encaminada en buscar el mejoramiento de los procesos tanto editoriales como de impresión, para asumir los nuevos compromisos que la UJAT tiene. Nuestra División destacó este año con la organización de interesantes eventos, que muestran la consolidación que tienen ya varios de nuestros grupos de investigadores tanto local, como regional y nacional.

La propuesta que está preparando el comité para nuestra revista, tendrá nuevas secciones que consideramos enriquecerán las actividades de divulgación que se vienen realizando a través de la revista, con una serie de innovaciones que esperamos sean de interés para nuestro público lector, den una transformación a la vida de nuestra revista y nos permita mejorar la imagen que ha tenido los últimos años. El próximo año la universidad tiene una serie de importantes planes para revistas que se editan en ella y que esperamos proyecten con más fuerza esta labor de comunicar por diferentes medios los resultados de las actividades de investigación.

Este número cierra una época de nuestra revista de divulgación con una propuesta que se venía manejando los últimos años, en los números que semestralmente publicamos de forma impresa se consideraban artículos de divulgación que hacían referencia a investigaciones realizadas por grupos o estudiantes tanto de maestría como de licenciatura. También se publicaron notas en las que la comunidad informaba diversos temas que consideraban de interés. Este segundo número del 2013, consta de una recopilación de siete artículos que representan reportes de investigaciones de investigadores de nuestra Universidad cuatro de los cuales hacen referencia a un grupo taxonómico poco estudiado nivel nacional como son los hongos. Destaca en varios de los artículos que se publican la colaboración de estudiantes de maestría. Es importante señalar que los temas que contienen los artículos hacen referencia a temas variados asociados a la salud, la diversidad y la ganadería, lo que es una señal de la riqueza que aportan los autores que publican en nuestra revista. Además se incluyen cinco notas de temas que contaminación y residuos un tema importante que requiere de un manejo especial para evitar impactos al ambiente y que sin duda son de actualidad, además de ser una prioridad ambiental en el Estado.

Como siempre este medio es propicio para extender un agradecimiento a los colaboradores que dan tiempo para apoyar en la revisión editorial del material que se recibe para su publicación. Así mismo el señalar que nuestra revista es una opción para poder comunicar a nuestra comunidad universitaria los resultados de las actividades de investigación llevadas a cabo en los diferentes laboratorios tanto de la DACBiol como de otras Divisiones, al igual que a los investigadores de otras instituciones nos consideran una opción para comunicar sus resultados. Esperamos que nuestros estudiantes aprovechen este espacio para escribir acerca de las actividades e investigaciones que realizan en sus diferentes materias o temas de titulación, o para desarrollar los temas que consideren de importancia, reiteramos que este espacio siempre está abierto a todos los miembros de la comunidad universitaria.

**Lilia Gama**  
Editor en Jefe

**Rosa Martha Padrón López**  
Directora





---

# Requerimientos generales para el monitoreo de corrosividad atmosférica interior y exterior

Nancy Elena Hernández Morales<sup>1</sup> & Ebelia del Ángel Meráz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Tabasco

Km 14+600 de la carretera Villahermosa-Teapa, Parrilla II, Centro, Tabasco

<sup>2</sup>División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Kilómetro 1 de la carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, Cunduacán Tabasco.

n\_elenas81@hotmail.com / angelmeraz@hotmail.com

## Resumen

El clima tropical-húmedo del estado de Tabasco, es propicio para que los niveles de corrosividad se encuentren en los máximos establecidos en la ISO 9223:2012, sin embargo esta agresividad aumenta por el efecto del dióxido de azufre y los iones cloruros en la película acuosa formada en los materiales. Bajo estas condiciones las pérdidas de material son significativas y se requieren tomar adecuadas medidas de prevención. En este trabajo se identificaron los requerimientos generales para el monitoreo de la velocidad de corrosión interior y exterior de materiales metálicos, con base a los lineamientos establecidos en las normas ISO 9223:2012, ISO 9226:2012, ISO 8565:2011 y ASTM G-50-10 (ver normas). La evaluación de contaminantes y velocidades de corrosión se realiza como mínimo en dos atmósferas, y las placas difieren en tamaño. El ángulo de exposición de las placas exteriores será de 25° por la latitud de la zona.

## Introducción

La corrosión atmosférica es el resultado de la interacción entre un material y su medio ambiente atmosférico circundante, esta se presenta principalmente por las precipitaciones pluviales que generan una capa de humedad capaz de propiciar el deterioro de los materiales (Leygraf & Graedel 2000). La ISO 9223:2012 la define como la habilidad de la atmósfera para causar un proceso de corrosión en un material.

La degradación de metales está fuertemente relacionada con las condiciones ambientales de cada zona geográfica, es ocasionada por la temperatura ambiental alta, la humedad y los

agentes contaminantes de origen natural o antrópico, del medio ambiente en el que están expuestos los materiales (Kucera y Matsson 1974, citado en Muñoz & Uruchurtu 2001). La corrosión atmosférica involucra procesos químicos, electroquímicos y físicos en los tres estados de la materia, y en interfases sólido/agua y agua/atmósfera (Castaño y Botero, 2007). Del Ángel *et al.* (2008), mencionan que la corrosión ocurre en la interfase metal-ambiente, e involucra una fase acuosa. La película del electrolito formada sobre el metal es una de las condiciones necesarias para que el proceso de corrosión se desarrolle; en esta fase acuosa se disuelven diferentes gases como el O<sub>2</sub> (agente oxidante para el metal), CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, etcétera, como parte del ambiente atmosférico.

Dos sustancias químicas que estimulan grandemente la corrosión son el cloruro de sodio y el dióxido de azufre; el primero es incorporado a la atmósfera desde el mar y el segundo se encuentra en las atmósferas que están impurificadas por humos industriales y residenciales, y se originan al quemar combustibles que contienen azufre (Rivero *et al.*; 2007). Estudios mundiales han demostrado que el costo total de las pérdidas de metales por corrosión es de por lo menos el 4-5% del PIB de un país (Yuantai y Ying, 2010). Investigaciones realizadas en ciudades con climas tropicales-húmedos reflejan mayor agresividad a los metales, principalmente por el efecto de contaminantes de iones cloruros y dióxido de azufre; así como la humedad relativa. Por lo que se considera que los iones cloruros presentes en el aerosol marino son los principales responsables de la magnitud de la corrosión atmosférica. Así mismo la corrosión atmosférica es mayor cuando la concentración de dióxido de azufre en la atmósfera es más elevada y la mayor deposición de compuestos de azufre

corresponde a estaciones costeras e industriales (Echeverría y Echeverría, 2008).

Los planes del monitoreo de la corrosividad atmosférica depende de las condiciones y tipos de prueba que se requieran estudiar. Sin embargo para realizar la medición cuantitativa del impacto de los contaminantes ambientales en el deterioro de los materiales, ISO 9223:2012 estableció una clasificación del nivel de agresividad de la atmosfera estudiada. Por lo tanto designó la letra C seguida de un número entero positivo para describir la categoría, quedando de la siguiente manera: C1 indica corrosividad muy baja, C2 corrosividad baja, C3 corrosividad Media, C4 corrosividad alta, y C5 corrosividad muy alta.

Las categorías de corrosividad más altas son para atmosferas costeras y/o ambientes tropicales, como se demuestra en las investigaciones de la Tabla 1. Corvo *et al.* (2008), realizó estudio simultáneo de corrosión interior y exterior en clima tropical-húmedo de la Península de Yucatán, con materiales metálicos, y comprobó que la categoría de agresividad de la zona de estudio se encuentra entre las más altas de acuerdo a lo establecido por la ISO 9223:2012. Estudios similares para ambientes interiores fueron realizados en Cuba y Baja California, la categoría de agresividad es alta si se considera que los materiales se encuentran en condiciones cerradas (Corvo *et al.*, 2008; Veleva y Valdez, 2007). Del Ángel *et al.* (2008), realizaron estudios con acero galvanizado en atmósferas rurales y urbanas del estado de Tabasco para ambientes exteriores, encontrando una categoría de agresividad C3 considerada como media.

Para el estado de Tabasco no hay registro de estudios sobre corrosividad atmosférica en ambientes interiores y a la intemperie, realizados simultáneamente. Así mismo las atmósferas monitoreadas hasta el momento no corresponden a las costeras, que de acuerdo a los estudios realizados en otras zonas geográficas es donde se presenta un incremento en la corrosividad de materiales.

Debido a lo anterior es necesario identificar los requerimientos generales para el monitoreo de la corrosividad atmosférica en ambientes interiores y a la intemperie en el estado de Tabasco. Lo cual permitirá el desarrollo de ensayos para determinar el nivel de agresividad de contaminantes atmosféricos en placas de aluminio y acero al carbono 1036 en zonas costero-rurales de Tabasco, con base en la norma ISO 9223:2012, para caracterizar su comportamiento y aplicación como componentes electro-electrónicos.

### Selección del sitio de monitoreo

Los sitios de pruebas seleccionados pueden ser atmósferas rurales, urbanas, industriales o marinas, depende de las condiciones del ensayo que se realizará. Los ambientes rurales son generalmente los menos corrosivos y contaminados, los principales agentes corrosivos presentes son la humedad, el oxígeno y el dióxido de carbono. El ambiente urbano es similar al rural en donde hay poca actividad industrial, los contaminantes que se pueden encontrar son los NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>, producidos a partir de los vehículos automotores y las emisiones domésticas de quema de combustible. Las

**Tabla 1.** Categorías de agresividad de atmosferas costeras y ambientes tropicales estudiados.

Autor	Zona de estudio	Tiempo de exposición	Categoría de localización	Materiales expuestos	Categoría de corrosividad
Corvo <i>et al.</i> , 2008	Península de Yucatán y Cuba	10 años	Interior y Exterior	Acero al carbono, cobre, níquel y estaño	C3 y C5
Del Ángel <i>et al.</i> , 2008	Cunduacán, Tabasco	7 meses	Exterior	Acero galvanizado	C3
Veleva <i>et al.</i> , 2007	Baja California	2 años	Interior	Plata, cobre, níquel y estaño	C2 y C3
Corvo <i>et al.</i> , 2008	Cuba	10 años	Interior	Acero de bajo carbono	C3 y C5

atmósferas industriales están altamente asociadas a los procesos industriales y pueden estar contaminadas de dióxido de azufre, cloruros, fosfatos y nitratos. Los ambientes marinos suelen ser altamente corrosivos, debido a la presencia de cloruros. La velocidad de corrosión de los metales depende de la dirección y velocidad de los vientos, y de la distancia con la costa (Badea *et al.* 2011). De la Fuente *et al.* (2011), coinciden con los tipos de contaminantes que pueden encontrarse en los cuatro tipos de atmósferas descritos anteriormente.

Para los ensayos de corrosividad atmosférica pueden considerarse dos categorías de localización de acuerdo al estándar internacional ISO 8565:2011. Estos pueden ser como exposición al aire libre, es decir directamente expuesto a las condiciones atmosféricas y a los contaminantes presentes. O bien como exposiciones en ambientes protegidos de precipitaciones y radiación solar. Estos últimos han sido utilizados para ensayar materiales de la industria electrónica. Los ensayos en ambientes expuestos al aire libre han sido para materiales como aceros, cobre, aluminio, zinc, principalmente, por ser los que mayor aplicación presentan en la industria de la construcción. Debido a que alrededor del 80% de todas las degradaciones sufridas por la corrosión en construcciones metálicas se deben a la corrosión atmosférica (Badea *et al.* 2011).

Se deben evitar zonas en donde existan edificios, árboles, estructuras y ciertas condiciones geográficas como presencia de lagos, ríos, volcanes, que pudieran interferir en los resultados obtenidos. A menos que estas condiciones geográficas sean consideradas para los ensayos que se realizarán.

### Diseño de Racks y cabinas de simulación

Para los ensayos en ambientes a la intemperie se deben utilizar racks. Estos mantienen las placas seguras en una posición que permita el deterioro de los materiales, sin influir por la formación de pares galvánicos que puedan afectar los resultados. Los ángulos de inclinación que presenten deben ser de 30° a 45° dependiendo de las condiciones de latitud de la zona geográfica (Figura 1). La Norma ASTM G-50-10 recomienda su construcción con materiales resistentes que permanezcan intactos durante todo el periodo de exposición. Algunos de estos materiales pueden ser tubos galvanizados,

aceros inoxidables y aluminio, para atmósferas marinas. El cobre también ha sido aplicado dando resultados satisfactorios en las distintas atmósferas estudiadas. Para sujetar las placas a los racks se deben utilizar materiales aisladores que eviten la formación de pares galvánicos que influyan en los resultados. El suelo debajo de los racks debe mantenerse libre de hierbas, arbustos y escombros, por lo general se recomienda una altura del rack de 95 cm.



Figura 1. Racks para ensayos exteriores.

La Norma ISO 8565:2011 propone el diseño de las cabinas de simulación para evaluar la corrosión en ambientes interiores, estas deben ser similares a las cabinas meteorológicas, para garantizar la protección contra la contaminación atmosférica, precipitación, radiación solar, y el viento. Estas deberán tener persianas tipo celosía para permitir el intercambio del aire del interior al exterior (Figura 2). Para la construcción de estas cabinas se recomienda utilizar los mismos materiales que recomienda la ASTM G-50-10 para los racks. La selección de las dimensiones será de acuerdo al número de placas que se utilizan para los ensayos.



**Figura 2.** Cabinas de simulación para ensayos interiores.

El diseño de los racks y cabinas de simulación deben garantizar la circulación libre de aire entre las placas y evitar la formación de condiciones microclimáticas. Cuando hay más de una cabina o rack en el sitio de prueba, se recomienda guardar una distancia de por lo menos dos veces la altura del rack o cabina. Los datos ambientales necesarios para la caracterización de la atmósfera deben ser: temperatura, humedad relativa, precipitación, dióxido de azufre y cloruros. Pueden utilizarse materiales de madera para la construcción de los racks y cobertizos, pero es importante aplicar un esmalte adecuado y dar mantenimiento constante. Lo mismo sucede con materiales metálicos usados en condiciones extremas en donde es necesario aplicar recubrimientos que permitan garantizar la durabilidad del material.

### Periodos de ensayo

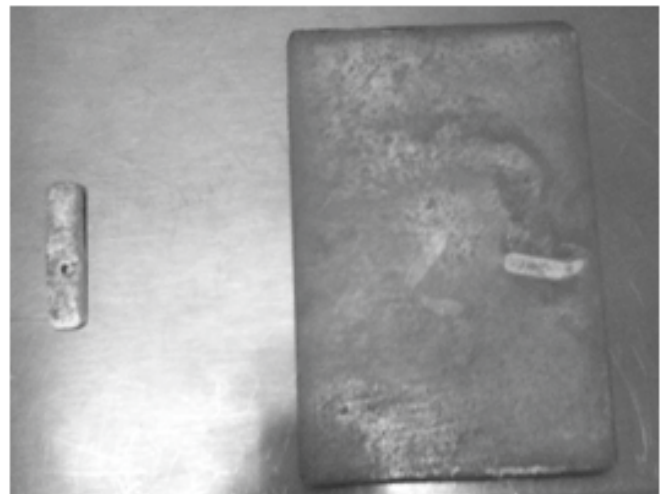
La duración total y la temporada de exposición dependerán del tipo de muestra de ensayo y el propósito de la prueba. Sin embargo debido a que la velocidad de la atmósfera es relativamente lenta para generar los procesos de corrosión, la ISO

8565:2011 recomienda las exposiciones de prueba en periodos de tiempos que pueden ir desde 1 año, 2, 5, 10 o 20 años. Esto dependiendo de la resistencia a la corrosión del metal o si se está probando un recubrimiento anticorrosivo. En algunos casos, una exposición total de menos de 2 años pueden ser adecuados.

Se deberá considerar que cuando los tiempos de exposición sean menores a 1 año los resultados dependerán de la temporada de inicio de la exposición. Por lo tanto es recomendable que dichas exposiciones se inicien en los periodos de otoño o primavera en donde la corrosividad es más alta.

### Selección de materiales para placas y dimensiones

Las placas utilizadas para los ensayos de corrosividad atmosférica son por lo general de forma rectangular. La Norma ASTM G-50-10 recomienda que las dimensiones de las placas utilizadas para exteriores sean de 150 mm x 100 mm, y espesores de 0.75 mm a 6.25 mm. La Norma ISO 8565:2011 recomienda las mismas dimensiones pero espesores de 1 mm a 3 mm (Figura 3). Para interiores las dimensiones de las placas se recomiendan de 35 mm x 10 mm y espesor de 0.1 mm.



**Figura 3.** Dimensiones de las placas para ensayos de corrosividad atmosférica.



Antes de la exposición de las placas es necesario realizar limpieza de las superficies. Esta debe ser química, utilizando acetona o soluciones ácidas si el material presenta capas de óxido. Y mecánica, utilizando lijas para eliminar cualquier rebaba generada durante el maquinado de las placas. Esta limpieza se realiza con la finalidad de evitar agentes que permitan la deposición de contaminantes y aceleren la velocidad de corrosión durante el tiempo de prueba.

### Determinación de contaminantes atmosféricos

Los contaminantes que se determinan para este tipo de ensayos son el dióxido de azufre y los iones cloruros. Para la medición del  $\text{SO}_2$  atmosférico, se emplea el método denominado “platos de sulfatación”. Los platos de sulfatación se preparan, utilizando cajas de Petri recubiertas con papel filtro impregnado de acetona, después se les agrega a cada caja solución de dióxido de plomo. Por último, se colocan en un horno a  $35\text{ }^\circ\text{C}$  durante un periodo de 48 horas para su secado.

Para la determinación de la velocidad de deposición de cloruros, se emplea el método denominado “candela húmeda”. Consiste en recubrir tubos de ensaye con una gasa quirúrgica, posteriormente son colocados dentro de un frasco de poliuretano que contiene la solución fijadora de cloruros. Seguidamente, son colocadas a la intemperie quedando una de ellas en el laboratorio como testigo. La norma ISO 9225, establece el método de análisis para determinar las velocidades de deposición de cloruros y dióxido de azufre.

El Estándar Internacional ISO 9223:2012 permite determinar la corrosión atmosférica basada en determinar las velocidades de corrosión anuales de muestras estándar de varios metales, los tiempos de humectación y los niveles de contaminación de  $\text{SO}_2$  y Cl. En la Tabla 2 se muestran las categorías de contaminación por la presencia del dióxido de azufre y el cloruro de sodio. La tabla 3 muestra las cinco categorías de corrosividad atmosférica de acuerdo a la Norma ISO 9223:2012, y las velocidades de corrosión esperadas para metales estándar como el acero al carbono, zinc, cobre y aluminio.

### Técnica gravimétrica

La evaluación de la velocidad de corrosión de las muestras se realiza utilizando la técnica gravimétrica (pérdida de masa). La Norma ISO 9226:2012 recomienda utilizar los reactivos presentados en la Tabla 4, para la limpieza química de las placas utilizadas en los ensayos. En la misma Norma se especifica el procedimiento para la eliminación de los productos de corrosión formados en el metal durante su exposición en ambientes corrosivos.

### Parámetros climáticos

En un clima tropical-húmedo, las fuertes variaciones de los parámetros climáticos, tales como la humedad relativa, la temperatura, la velocidad del viento, las precipitaciones pluviales, la radiación solar, entre otros, afectan de una manera relevante muchos procesos físicos, químicos y biológicos (Del

**Tabla 2.** Categoría de contaminación por dióxido de azufre y cloruro de sodio (Fuente: Norma ISO 9223:2012).

Tipo de contaminante					
Dióxido de azufre	Categoría	$P_0$	$P_1$	$P_2$	$P_3$
	Velocidad de deposición de $\text{SO}_2$ $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	$P_d = 10$	$10 < P_d = 35$	$35 < P_d = 80$	$80 < P_d = 200$
	Concentración de $\text{SO}_2$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$P_c = 12$	$12 < P_c = 40$	$40 < P_c = 90$	$90 < P_c = 250$
Cloruro de sodio	Categoría	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
	Velocidad de deposición de iones cloruro $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	$S = 3$	$3 < S = 60$	$60 < S = 300$	$300 < S = 1500$

**Tabla 3.** Categorías de corrosividad atmosférica (Fuente Norma ISO 9223:2012).

Categoría	Corrosividad	Unidades	Acero al carbono	Zinc	Cobre	Aluminio
C1	Muy baja	g/(m <sup>2</sup> .a)	$\tau_{\text{corr}} = 10$	$\tau_{\text{corr}} = 0,7$	$\tau_{\text{corr}} = 0,9$	Despreciable
		µm/a	$\tau_{\text{corr}} = 1,3$	$\tau_{\text{corr}} = 0,1$	$\tau_{\text{corr}} = 0,1$	----
C2	Baja	g/(m <sup>2</sup> .a)	$10 < \tau_{\text{corr}} = 200$	$0,7 < \tau_{\text{corr}} = 5$	$0,9 < \tau_{\text{corr}} = 5$	$\tau_{\text{corr}} = 0,6$
		µm/a	$1,3 < \tau_{\text{corr}} = 25$	$0,1 < \tau_{\text{corr}} = 0,7$	$0,1 < \tau_{\text{corr}} = 0,6$	----
C3	Media	g/(m <sup>2</sup> .a)	$200 < \tau_{\text{corr}} = 400$	$5 < \tau_{\text{corr}} = 15$	$5 < \tau_{\text{corr}} = 12$	$0,6 < \tau_{\text{corr}} = 2$
		µm/a	$25 < \tau_{\text{corr}} = 50$	$0,7 < \tau_{\text{corr}} = 2,1$	$0,6 < \tau_{\text{corr}} = 1,3$	----
C4	Alto	g/(m <sup>2</sup> .a)	$400 < \tau_{\text{corr}} = 650$	$15 < \tau_{\text{corr}} = 30$	$12 < \tau_{\text{corr}} = 25$	$2 < \tau_{\text{corr}} = 5$
		µm/a	$50 < \tau_{\text{corr}} = 80$	$2,1 < \tau_{\text{corr}} = 4,2$	$1,3 < \tau_{\text{corr}} = 2,8$	----
C5	Muy alto	g/(m <sup>2</sup> .a)	$650 < \tau_{\text{corr}} = 1500$	$30 < \tau_{\text{corr}} = 60$	$25 < \tau_{\text{corr}} = 50$	$5 < \tau_{\text{corr}} = 10$
		µm/a	$80 < \tau_{\text{corr}} = 200$	$4,2 < \tau_{\text{corr}} = 8,4$	$2,8 < \tau_{\text{corr}} = 5,6$	----

**Tabla 4.** Condiciones y reactivos a utilizar para la limpieza química (Fuente: Norma ISO 9226:2012).

Material	Reactivos químicos	Tiempo (min)	Temperatura (°c)
Acero	500 ml de HCl ( $\rho = 1,10$ g/ml) 3.5 g de hexametil teramina 1000 ml de agua destilada	10	20 a 25
Cobre	200 g de trióxido de cromo 1000 ml de agua destilada	1	80
Zinc	50 ml de ácido sulfúrico ( $\rho = 1,69$ g/ml) 1000 ml de agua destilada	30 a 60	40 a 50
Aluminio	50 ml de ácido fosfórico ( $\rho = 1,69$ g/ml) 20 g de trióxido de cromo 1000 ml de agua destilada	5 a 10	90 a 95
	Ácido Nítrico ( $\rho = 1,42$ g/ml)	1 a 5	20 a 25

Ángel y Veleva, 2009). Estos parámetros influyen considerablemente en el proceso de corrosión de materiales metálicos. Corvo *et al.* (2008) mencionan que los parámetros ambientales que determinan las características de la corrosión atmosférica difieren sustancialmente para las condiciones interiores.

La norma ISO 8565:2011 establece que para evaluar los resultados de velocidad de corrosión es necesario caracterizar las condiciones atmosféricas de los sitios de ensayo. Pueden realizarse mediciones directas en los sitios de prueba, o bien, se puede realizar la recolección de datos atmosféricos de otras fuentes. Los datos ambientales requeridos para la caracterización del sitio son: temperatura del aire en grados Celsius, porcentaje de humedad relativa del aire, precipitación en mm/día, intensidad y duración de la radiación solar. Otros parámetros que pueden ser medidos, pero que dependen de los requisitos específicos de cada ensayo son: duración de la precipitación, tiempo de humectación real, dirección y velocidad del viento, y valor de pH de la lluvia.

## Conclusiones

Los ensayos realizados en otras zonas geográficas, revelan la necesidad de evaluar por lo menos dos atmósferas para obtener datos que permitan realizar la comparación del comportamiento de la velocidad de corrosión y los tipos de contaminantes presentes. Del Ángel *et al.* (2008) recomiendan que para la zona de Tabasco el ángulo de orientación de los racks sea de 25° por la latitud de la zona. Esto con la finalidad de permitir que el proceso de deterioro de los materiales sea representativo a la zona de exposición. Corvo *et al.* (2008) mencionan que a menudo se utilizan placas más chicas en interiores porque la corrosión normalmente tiene una magnitud mucho menor. Para estas placas se utilizan balanzas ultramicroanalíticas que pueden pesar hasta microgramos o menos pero no pueden pesar placas que pesen más de 20 o 30 g. Si se utilizan placas del tamaño de las recomendables para corrosión en exteriores, la magnitud de la corrosión va a ser menor y va a aumentar el error en su determinación. Los contaminantes y las condiciones atmosféricas presentes en zonas costeras de todo el mundo, pero particularmente en climas tropicales y subtropicales, propician el acelerado deterioro de materiales metálicos. Esta situación ha causado que en estas zonas se reporten las máximas categorías establecidas en

ISO 9223:2012. El estado de Tabasco cuenta con características idóneas para acelerar los procesos corrosivos en los materiales, situación que afecta considerablemente a todos los niveles del sector industrial.

## Literatura citada

**ASTM International G-50-10.** Standard Practice for Conducting Atmospheric Corrosion Tests on Metals. Accessed in: <<http://www.astm.org>>

**Badea, G.E.; Cret P., Lolea L, & Setel. A.** 2011. Studies of carbon steel corrosion in atmospheric conditions. *Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering*. Tomo IV: 25-28.

**Castaño, J.G.; Botero, C.A. & Peñaranda S.** 2007. Corrosión atmosférica del zinc en ambientes exteriores e interiores. *Revista de metalurgia*, 43(2): 133-145

**Corvo, F.; Pérez, T.; Dzib, L.R.; Martín, Y.; Castañeda, A.; González, E. & Pérez, J.** 2008. Outdoor-indoor corrosion of metals in tropical coastal atmospheres. *Corrosion Science*, 50(2008): 220-230.

**Corvo, F.; Torrens, A.D.; Martín, Y.; González, E.; Pérez, J.; Valdez, C.; Castañeda, A. & Portilla, C.** 2008. Corrosión atmosférica del acero en interiores: sus particularidades en el clima tropical de Cuba. *Revista de metalurgia*, 44(2): 129-137

**Del Ángel, E.; Falconi, R.; Frías, D.M.; López, F. & Rueda de León, L.** 2008. Corrosión atmosférica del acero galvanizado en Cunduacán, Tabasco. *Memorias de la semana de divulgación y video científico; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco*. Pp: 731-736.

**Del Ángel, E.; Veleva, L. & Acosta, M.** 2009. Agresividad atmosférica basada en el tiempo de humectación del clima tropical húmedo del estado de Tabasco. *Universidad y Ciencia*, 5(2): 111-120.

**De la Fuente, D., Díaz, I.; Simancas, J.; Chico, B. & Morcillo, M.** 2011. Long-term atmospheric corrosion of mild Steel. *Corrosion Science*, 53: 604-617.

**Echeverría Boán, M.; Echeverría Lage, C.; Boán Cepero, M.; Echeverría Boán, C.; Benavides García, S.; Petersson Roldán, M. & Betancourt Miguel, S.** 2009. Determinación de iones cloruro y sulfato en un mismo captador en investigaciones de corrosión atmosférica. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 40(1): 11-16.

**International Standard 8565:2011.** Metals and alloys - Atmospheric corrosion testing - General requirements for field tests. Standards ISO. Recovered in: <<http://www.iso.org>>

**International Standard 9223:2012.** Corrosion of metals, and alloys - Corrosivity of atmospheres – Classification. Standards ISO. Recovered in: <<http://www.iso.org>>

**International Standard 9226:2012.** Corrosion of metals, and alloys - Corrosivity of atmospheres – Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity. Standards ISO. Recovered in: <<http://www.iso.org>>

**Leygraf, C. & Graedel, T.** 2000. *Atmospheric Corrosion* (p. 347). Pennington, New Jersey, USA: The Electrochemical Society, INC.

**Muñoz Ledo, R. y Uruchurtu, J.** 2001. Caracterización de la agresividad atmosférica sobre los materiales metálicos estructurales en la zona metropolitana de la ciudad de México. *Rev. Int. Contam. Ambient.*, 18(1): 27-32

**Rivero, S.; Chico, B.; De la Fuente, D.; & Morcillo, M.** 2007. Corrosión atmosférica del acero bajo en carbono en un ambiente marino polar: Estudio del efecto del régimen de vientos. *Revista de metalurgia*, 43(5): 370-383

**Veleva L.; Valdez, B.; López, G.; Vargas, L. & Flores, J.** 2007. Atmospheric corrosion of electro-electronics metals in urban desert simulated indoor environment. *Corrosion Engineering, Science and Technology*, 43(2): 149-155

**Yuantai, Ma.; Ying, L. & Fuhui, W.** 2010. The atmospheric corrosion kinetics of low carbon steel in a tropical marine environment. *Corrosion Science*, 52: 1796-1800





# CONTENIDO

<b>Estudio de tendencia de PM10 y su impacto a la salud en tres zonas metropolitanas de México durante 2005-2009</b> .....	5
ELIZABETH MAGAÑA VILLEGAS, JESÚS MANUEL CARRERA VELUETA & SERGIO RAMOS HERRERA	
<b>Crecimiento de corderos en pastoreo, limitantes y retos</b> .....	13
JORGE OLIVA HERNÁNDEZ, MANUEL BARRÓN ARREDONDO, LORENZO GRANADOS ZURITA & JORGE QUIROZ VALIENTE	
<b>Inventario aeropolínico en una zona suburbana del municipio del Centro, Tabasco</b> .....	19
MARCELA ALEJANDRA CID MARTÍNEZ, REYNA LOURDES FÓCIL MONTEERRUBIO & JOSÉ EDMUNDO ROSIQUE GIL	
<b>Hongos del aire de una zona suburbana de la ciudad de Villahermosa, Tabasco</b> .....	23
JOSÉ EDMUNDO ROSIQUE GIL, REYNA LOURDES FÓCIL MONTEERRUBIO & ALEJANDRA CID MARTÍNEZ	
<b>Hongos microscópicos saprobios del suelo y la hojarasca del Jardín Botánico “José Narciso Roviroso” de la DACBiol, UJAT</b> .....	29
KAREN MARTÍNEZ RIVERA, JOSÉ EDMUNDO ROSIQUE GIL & REYNA LUZ HERNÁNDEZ RAMOS	
<b>Caracterización del crecimiento micelial <i>in vitro</i> de <i>Pleurotus albidus</i> Pegler 1983 y <i>Pleurotus djamor</i> Boedijn 1959, en Tabasco, México</b> .....	37
SANTA DOLORES CARREÑO RUIZ, SILVIA CAPPELLO GARCÍA, RIGOBERTO GAITÁN HERNÁNDEZ, JOAQUÍN CIFUENTES BLANCO & JOSÉ EDMUNDO ROSIQUE GIL	
<b>Hongos agaricoides asociados a la selva mediana perennifolia de canacoíte (<i>Bravaisia integerrima</i>), Tabasco, México</b> .....	47
VICTOR HERMAN GÓMEZ GARCÍA, SILVIA CAPPELLO GARCÍA, JOAQUÍN CIFUENTES BLANCO & LUISA DEL CARMEN CÁMARA CABRALES	
<b>Requerimientos generales para el monitoreo de corrosividad atmosférica interior y exterior</b> .....	57
NANCY ELENA HERNÁNDEZ MORALES & EBELIA DEL ÁNGEL MERAZ	
<b>Efecto de la contaminación por metales pesados en los ecosistemas costeros del sureste de México</b> .....	65
FRANCISCO ENRIQUE CRUZ CASANOVA	
<b>Aplicación de la poliacrilamida como una alternativa para el tratamiento de suelos contaminados por hidrocarburos</b> .....	69
EDUARDO MANUEL OSORIO BAUTISTA & RANDY HOWARD ADAMS SCHROEDER	
<b>Diagnóstico de la generación de residuos peligrosos en laboratorios de ciencias básicas de la UJAT</b> .....	75
PAOLINA BARRADAS CAMPECHANO & CARLOS MARIO MORALES-BAUTISTA	
<b>Diagnóstico de la generación de residuos sólidos urbanos en el fraccionamiento Bosques de Saloya de Nacajuca, Tabasco</b> .....	83
PAOLINA BARRADAS CAMPECHANO & CARLOS MARIO MORALES-BAUTISTA	

