

## ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.



La Ciencia, desde Morelos para el mundo

## Impacto del uso de las toxinas Cry de *Bacillus thuringiensis* en el control de insectos

Principios del control biológico de insectos

Dr. Mario Soberón Chávez y Dra. Alejandra Bravo de la Parra  
Miembros de la Academia de Ciencias de Morelos  
Instituto de Biotecnología. UNAM  
mario@ibt.unam.mx; bravo@ibt.unam.mx

En la actualidad nos encontramos de cara a un problema muy importante que es el proveer de alimento a una población humana que crece con rapidez. A pesar de que la tasa de crecimiento de la población ha disminuido considerablemente durante los últimos años (de 2.05 a 1.34), se estima que la población mundial se duplicará dentro de cuarenta años. Esto significa que la demanda de alimentos se incrementará en la misma proporción. Actualmente existen 8.7 millones de kilómetros cuadrados dedicados a la agricultura, para lograr producir lo doble se debería incrementar a 16 millones para el año 2040. Esto es prácticamente imposible

ya que la extensión de tierras cultivables está disminuyendo a causa del crecimiento de las áreas urbanas, el agotamiento del suelo, la deforestación y la contaminación. En el caso concreto de México el problema es aún más serio, ya que el país cuenta con solo 311,000 km<sup>2</sup> de suelos disponibles para la producción agrícola, lo que representa únicamente el 16% del territorio nacional. El 46% de estos suelos se destinan a la producción de cereales y frijol. Por estas razones es importante dar mayor impulso al desarrollo de tecnologías que puedan hacer más eficientes los sistemas agropecuarios. La solución más inmediata a este problema será aumentar la eficiencia en la producción agrícola. En este sentido cabe señalar el 35% de la producción agrícola se pierde por el ataque de plagas (insectos, hongos, bacterias y virus) a cultivos y a productos almacenados. Es por esto que un manejo eficiente en el control de



MAIZ | Bt resistente a insectos.

plagas sin duda será vital para lograr tener una mayor producción de alimentos.

Para el control de las plagas no sólo se utilizan insecticidas sino que en la actualidad se emplean también bacterias u hongos que atacan a los insectos, sin embargo su uso en el control de insectos es

todavía limitado en comparación con la utilización de insecticidas químicos.

La bacteria que más se ha utilizado en el control biológico de insectos es *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). *Bt* es una bacteria que produce una gran cantidad de proteínas con actividad insecticida que

han sido denominadas proteínas insecticidas cristalinas o  $\delta$ -endotoxinas. Estas proteínas se han agrupado en más de 200 diferentes variedades de toxinas denominadas Cry (se denominan Cry por formar un cristal, proteico cuando *Bt* se diferencia a espora) y en 40 diferentes grupos. Las proteínas Cry pueden ser muy específicas, o tener un espectro de acción más amplio. Las toxinas Cry se han utilizado como bioinsecticidas comerciales contra larvas de insectos que afectan la agricultura y áreas forestales, así como para el control de insectos vectores de patógenos para el ser humano desde hace más de 40 años.

### Uso de *Bacillus thuringiensis*: ventajas y limitaciones

Se ha calculado que el 2% del mercado mundial de pesticidas es satisfecho con biopesticidas, en el que *Bt* domina el 95% de las ventas. Varios han sido los factores que han hecho posible su éxito en la agricultura. El factor más importante es su alta especificidad hacia el insecto al que se busca eliminar y su inocuidad para mamíferos, otros vertebrados, plantas e inclusive otros insectos benéficos. Las toxinas de *Bt* se han

**CONTINÚA EN LA PÁG. 25**

## TERCERA OLIMPIADA DE ASTRONOMÍA EN EL INAOE

El Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) te invita a participar en la tercera Olimpiada de Astronomía cuya etapa final se llevará a cabo en agosto de este año. Podrán participar estudiantes radicados en la República Mexicana y la inscripción se podrá hacer en línea en <http://www.inaoe.mx/olimpiada/>.

Las categorías son:

1ra. Estudiantes de preparatorias, bachilleratos, etc. no mayores a 18 años.

2da. Estudiantes de educación superior de 18 a 25 años de edad que al cierre de las inscripciones no estén inscritos en algún programa de posgrado.

Al cierre de las inscripciones.

Las pruebas se llevarán a cabo en dos etapas y consistirán en una serie de preguntas y problemas de Astronomía (problemas en <http://www.inaoe.mx/olimpiada/>). Para la 1ra categoría ambas etapas serán a través de internet. Los tres primeros lugares de la última prueba deberán estar en el INAOE (Tehuacan, Puebla) del 15 al 19 de octubre del presente año para la premiación y otras actividades. Para la 2da categoría la primera etapa consistirá en una evaluación a través de internet. De esta primera etapa se seleccionarán 20 participantes que deberán viajar al INAOE para una última evaluación por escrito.

### Premios:

1ra Categoría:

1er Lugar: Computadora Laptop y viaje al Observatorio Guillermo Haro (OGH) en Cananea, Sonora.

2do Lugar: Telescopio y viaje al OGH.

3er Lugar: Calculadora y viaje al OGH.

### 2da Categoría:

1er Lugar: Telescopio construido en el INAOE.

2do Lugar: Libros y calculadora.

3er Lugar: Libros.

### Fechas:

Último día de inscripción: 22 de agosto de 2007.

Primera prueba (1ra y 2da Cat): 23 al 24 de agosto de 2007.

Segunda prueba (1ra Cat): 11 al 12 de septiembre de 2007.

Segunda prueba (2da Cat): 15 de octubre de 2007.

Entrega de premios: 17 de octubre de 2007.



# Impacto de la corrosión

Dr. Jorge Uruchurtu Chavarrín  
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos  
Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, UAEM

La corrosión es una palabra que comúnmente evoca y se asocia con la herrumbre, producto de la degradación de los metales ferrosos. La corrosión es un fenómeno de deterioro de las propiedades de un metal provocado por el medio ambiente ya sea natural o artificial. Tiene un impacto sobre los ecosistemas dado que, por ejemplo, una falla debida a la corrosión interna y externa en las tuberías puede provocar pérdidas del fluido que transporta y por tanto fuga de contaminantes al ambiente. Aparte del costo inherente a la sustitución del tramo de tubería dañado se tiene que tomar en cuenta la pérdida del producto, la contaminación del terreno y el paro forzado de la refinera o del centro de abastecimiento del producto transportado y la suspensión del servicio.

Las pérdidas asociadas a este fenómeno pueden ser económicas, sociales, y en muchos casos humanas. El accidente de Guadalajara, donde hubo explosiones debidas a fuga de gasolina y el derrumbe de algunos edificios durante los temblores de 1985 en la Ciudad de México, bastan como ejemplos para ilustrar la anterior aseveración. Se ha calculado que los costos por corrosión son del orden del tres a seis por ciento del producto nacional bruto de un país. De estos costos, el 40 por ciento pueden ser evitados con la tecnología disponible en la actualidad. Esto habla de ineficiencias, desperdicio y falla de mantenimiento en las plantas y procesos, que se traducen en aumentos a los costos de los bienes y



servicios que se producen, siendo con esto menos competitivos.

## ¿Qué es la corrosión?

En el más amplio sentido, la corrosión es la degradación de los materiales por efecto de la interacción con el ambiente que lo rodea para adoptar estados en la naturaleza. Esto sucede, por ejemplo, en polímeros, como los plásticos, expuestos a solventes, piedras calizas expuestas a lluvia ácida, y metales en contacto con soluciones acuosas, como los aceros expuestos al agua de mar.

Los materiales metálicos se encuentran en la naturaleza en forma de óxidos y sales, y el hombre, mediante el uso de grandes cantidades de energía, los transforma en materiales para uso tecnológico como por ejemplo: hierro, cinc, cobre y aluminio. Por lo tanto, la corrosión

es un reclamo de la naturaleza al hombre; ésta trata de recuperar los materiales por él manufacturados y regresarlos a su estado inicial. La corrosión de los metales es una oxidación del material, la cual puede ocurrir por el contacto con un medio acuoso que contiene sales, conociéndose a este fenómeno como corrosión acuosa o electroquímica. La corrosión electroquímica consiste en reacciones químicas sobre la superficie del metal que se llevan a cabo debido a la formación natural del equivalente a pilas eléctricas sobre la superficie metálica, las cuales producen corrientes eléctricas. La velocidad del proceso corrosivo depende de una reacción de oxidación o disolución metálica y otra reacción de reducción o de formación de productos de corrosión, como sales y óxidos metálicos, la cual es

llamada herrumbre en el caso del hierro.

La pérdida debido a la corrosión metálica puede ser de manera generalizada a lo largo y ancho de la superficie, o bien de forma localizada. De éstas, la segunda es más perjudicial, ya que no involucra una gran pérdida de material, pero puede dejar al material inservible sin que éste cumpla su periodo de vida útil.

## Control de la corrosión

Las técnicas de control de la corrosión se basan en tres estrategias:

- 1) Uso de materiales mejores y más resistentes a la corrosión.
- 2) La alteración del medio a través del uso de químicos o inhibidores de la corrosión.
- 3) Uso de barreras físicas entre el metal y el medio, como pinturas o recubrimientos, o bien la modifi-

cación de las características eléctricas de la superficie del metal.

Desde el punto de vista de la ingeniería todos los problemas de corrosión, aunque no plenamente bien entendidos, se pueden controlar aplicando una o una combinación de estas técnicas. La manera tradicional de medir la velocidad de corrosión consiste en la medición de la pérdida de metal que sufre el material en un periodo de tiempo. Sin embargo, debido a que en el fenómeno se involucran corrientes eléctricas, es posible también utilizar instrumentos electrónicos que permiten evaluar la corrosión de manera instantánea.

## Ciencia y Tecnología

Para la introducción de los materiales metálicos a los procesos de manufactura se requiere determinar su comportamiento antes de exponerlos a los ambientes de operación y servicio. Desgraciadamente, muchas veces esto no sucede, ya que sus propiedades de resistencia a la corrosión y estabilidad química sólo se empiezan a estudiar una vez que ocurren fallas en su operación.

Los sistemas que forman la infraestructura de un país como puentes, carreteras, muelles, presas, líneas de ferrocarril, líneas de transmisión, etc., que han sido construidos con aceros y concretos, en muchos casos se están acercando al límite de su vida útil por lo cual representan ya riesgos, como se demostró durante los sismos de 1985 en México.

Como un buen ejemplo del potencial impacto económico de la corrosión, se estima que los costos asociados a la reparación de puentes de concreto en los Estados Unidos son de alrededor de 90 mil millones de dólares. Esto nos puede dar una idea de los costos asociados con la corrosión metálica en nuestro país y por qué es importante controlarla.

## VIENE DE LA PÁG. 25

utilizado como bioinsecticidas en agricultura durante los últimos 40 años, principalmente en cultivos de hortalizas y cereales. *Bt* ha sido utilizado como una alternativa compatible con el medio ambiente para el manejo de plagas agrícolas. Sin embargo, los productos desarrollados se han hecho con muy pocas toxinas Cry, por lo que la gran mayoría de toxinas disponibles no han sido desarrolladas, ya que estas toxinas no matan más que a un número restringido de insectos y no se cuenta con toxinas para cada plaga, por lo que es necesario trabajar en este aspecto y desarrollar mas productos hacia las plagas importantes a nivel comercial. El reducido tiempo de permanencia de las proteínas Cry en el ambiente hace necesario un profundo conocimiento de la biología y comportamiento de la plaga que se quiere controlar, ya que una toxina puede ser activa para

los estadios larvarios pero disminuir, o incluso no ser tóxica, para los insectos adultos. Por lo tanto, los tiempos y formas de aplicación deben ser cuidadosamente seleccionados. Otra limitante ha sido la utilización de *Bt* para el control de insectos barrenadores y chupadores ya que la aplicación de productos de *Bt* se ha dado tradicionalmente como productos asperjados y el hábito alimenticio de estos insectos -que se alimentan en el interior de las plantas- impide la ingestión de la toxina Cry. Este problema se ha resuelto con la creación de plantas transgénicas que producen la toxina Cry haciéndola accesible a insectos barrenadores.

Esta última es una de las estrategias más atractivas y a la vez más controvertidas, la cual se refiere a la transformación de las plantas de cultivo con los genes *cry* (es decir por medio de ingeniería genética la planta es forzada a portar los genes que determinan la produc-

ción de las toxinas Cry) con el propósito de desarrollar variedades vegetales resistentes a insectos. El objetivo es que la planta, una vez transformada con el gene *cry* exprese suficiente cantidad de toxina como para aniquilar a las plagas susceptibles que las consumen. Desde 1987 aparecieron los primeros reportes sobre plantas de tabaco y tomate que presentaban suficiente toxina Cry como para conferir niveles altos de resistencia a insectos. En la actualidad, universidades, centros de investigación y compañías privadas, llevan a cabo proyectos sobre el desarrollo de plantas transgénicas en diferentes variedades vegetales. La adopción de las plantas transgénicas en la agricultura se está llevando a cabo en forma vertiginosa. Sólo en el año 2006 se sembraron más de 32 millones de hectáreas con variedades vegetales resistentes a insectos. La introducción de plantas transgénicas a nuestro país ha sido estrictamente regulada, y

el caso de la introducción de maíz transgénico resistente a insectos reviste singular importancia, dado que Mesoamérica es el sitio del origen evolutivo del maíz y aún existen sus posibles ancestros. Sería aconsejable evaluar el posible impacto que el maíz transgénico pudiera tener sobre las poblaciones de estos ancestros del maíz, analizando la posibilidad de que los transgenes eventualmente pudieran introducirse a estas plantas silvestres. La protección del maíz nativo también debería incluir el control de variedades comerciales no-transgénicas ya que estas también pueden polinizar al maíz

nativo e introducir marcadores genéticos seleccionables. Sin embargo un uso racional de esta tecnología en nuestro país sin duda redundará en mejores metodologías que permitan mayor producción al resolver el grave problema agrícola del ataque de insectos. Nos gustaría insistir en que lo que requerimos es generar variedades nativas de maíz transgénicas que lleven genes *cry* que sirvan para controlar insectos importantes en México, que no forzadamente son los mismos que en Estados Unidos. Estas nuevas variedades podrían ser generadas en México con tecnología propia.

Todos los artículos publicados en esta sección de La Unión de Morelos han sido revisados y aprobados por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos, A. C."  
Atentamente, Dr. Joaquín Sánchez Castillo,  
Coordinador del Comité Editorial de la ACMor.

Comentarios y sugerencias: joaquin.sanchez@microbio.gu.se