

## Un caso de éxito de la biotecnología mexicana (y morelense): el desarrollo y comercialización del biofungicida *Fungifree AB*



Mangos sanos (lado izquierdo) y con antracnosis (lado derecho).

**Enrique Galindo y Leobardo Serrano-Carreón**

Instituto de Biotecnología, UNAM Campus Morelos  
Agro&Biotecnia S. de R.L. MI.  
Miembros de la Academia de Ciencias de Morelos, A.C.

**Carlos Roberto Gutiérrez**

Agro&Biotecnia S. de R.L. MI.

Actualmente existe, a nivel mundial, una tendencia de los consumidores hacia la compra de alimentos obtenidos bajo esquemas de producción que no involucren (o minimicen) el uso de pesticidas/antimicrobianos obtenidos a través de síntesis química. Sin embargo, a pesar de que es evidente la necesidad de nuevos productos biológicos que permitan enfrentar este reto, sólo un número muy limitado de productos de esa naturaleza se ha puesto en el mercado a nivel mundial.

Un caso relevante para la agricultura en México es el de la producción y comercialización de mango. Nuestro país es uno de los principales productores de este fruto a nivel mundial, pero sólo destina el 14 % de su producción nacional para la exportación, sobre todo debido a limitaciones en la calidad de los frutos. Esto último en buena medida debido a una alta incidencia de antracnosis, que es la enfermedad más común de este fruto y que se caracteriza por la aparición de manchas negras en la superficie de los mangos, provocadas por el crecimiento de un hongo fitopatógeno (esto es, que causa enfermedades en las plantas), cuyo nombre científico es *Colletotrichum gloeosporioides*.

En el Instituto de Biotecnología de la UNAM, en conjunto con el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Unidad Culiacán, se inició en el año 2000 un proyecto de investigación conjunto que tuvo como principal objetivo el desarrollar tecnologías de

control biológico de la antracnosis del mango, basadas en el uso de microorganismos antagonistas del hongo fitopatógeno. Un "antagonista" es un enemigo natural de un ser vivo, y en este caso, una bacteria del género *Bacillus* es la enemiga del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, y por lo tanto la bacteria se puede usar como biofungicida y ser denominada "Agente de Control Biológico" (ACB). Los ACB presentan la ventaja de que no tienen residuos tóxicos, lo que es una limitante en la exportación de frutos que han sido fumigados con fungicidas sintetizados químicamente. Los países que importan mangos son muy exigentes y no permiten manchas en los frutos y tampoco residuos de pesticidas.

El desarrollo tecnológico ha hecho énfasis en los aspectos más críticos que presentan los sistemas de control biológico con potencial de entrar al mercado: la producción reproducible y en gran escala de los antagonistas (esto es, en fermentación

industrial), el desarrollo de formulaciones con prolongada vida de anaquel (que se puedan almacenar fácilmente y sin pérdida importante de su efectividad) y su prueba extensiva en huertos de mango a niveles semi-comerciales y comerciales (esto es, que el producto funcione en el campo cuando es usado por productores de mango). El paquete tecnológico ha incluido la solicitud de una patente mexicana que fue otorgada en 2011 y otras se encuentran en trámite en Brasil, Ecuador y Estados Unidos.

El biofungicida desarrollado, que es un polvo humectable (esto es, que se puede suspender fácilmente en agua), ha permitido el control de la antracnosis en niveles iguales o superiores a los que se logran usando fungicidas sintetizados químicamente. El uso de este producto ha permitido a los productores cosechar frutos de alta calidad, libres de residuos químicos y por lo tanto aumentando significativamente sus posibilidades de exportación (apertura de mercados en donde se logran precios muy superiores a los del mercado nacional).

La tecnología de producción y formulación, que es propiedad de la UNAM y del CIAD, se le transfirió (esto es, se le otorgó una licencia para explotarla comercialmente) a la empresa *Agro&Biotecnia S. de R.L. MI.* Esta empresa es un *spin-off* (término en inglés que se usa para nombrar a las empresas que son generadas o "catapultadas" por una institución), en este caso por el Instituto de Biotecnología de la UNAM. En ella participan dos investigadores universitarios con amplia experiencia en el desarrollo y escalamiento de bioprocesos, responsables del desarrollo de las tecnologías; así como profesionales con experiencia en el área industrial y en normatividad y certificación de procesos y productos biológicos. *Agro&Biotecnia*

es una empresa enfocada al desarrollo científico y tecnológico de productos y servicios de alto valor agregado que ayudan al control de fitopatógenos y promuevan el incremento de la productividad de los cultivos agrícolas bajo un esquema de producción sustentable. La empresa se desarrolló en la Incubadora de Alta Tecnología del Centro Morelense de Innovación y Transferencia de Tecnología (CeMITT), con el apoyo del Fondo Mixto CONACYT-Morelos.

Para vender un producto (en este caso de uso en la agricultura), es necesario demostrar ante las autoridades correspondientes dos cosas: a) que el producto funciona (mediante pruebas de campo supervisadas y certificadas por la autoridad) y b) que el producto es inocuo (esto, es que no daña a los que lo van a usar o manipular). *Agro&Biotecnia* llevó a cabo, tanto las pruebas de campo que demostraron su efectividad, como los estudios para demostrar que el producto no es tóxico. Así, y después de cerca de dos años, obtuvo el registro, tanto de la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) como de la COFREPIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, dependiente de la Secretaría de Salud), de un biofungicida bacteriano, lo que hizo posible su comercialización. La marca registrada por la empresa para el biofungicida es *Fungifree AB*.

*Agro&Biotecnia* firmó un contrato para la comercialización y distribución exclusiva del biofungicida con una empresa líder en el mercado de productos agroquímicos en México y en Latinoamérica (*FMC Agroquímica de México S. de R.L. de C.V.*), la cual lanzó comercialmente el producto en la *Expo-Agroalimentaria Guanajuato 2012* (<http://www.expoagrogt.com>). Este es el evento más importante de la industria agropecuaria en México

y se llevó a cabo en noviembre de 2012. El lanzamiento del *Fungifree AB* involucró tanto la presentación del producto y de sus relevantes características técnicas por parte de *FMC Agroquímica de México S.A.*, como intervenciones al más alto nivel de las instituciones que participaron en el desarrollo del biofungicida (UNAM y CIAD). En el evento, se destacó el hecho de que se trata de un desarrollo sin precedentes en nuestro país. Es el primer biofungicida desarrollado en México que llega al mercado, cuyo principio activo fue aislado de follaje, que tiene más de dos años de vida de anaquel y con características notables en términos de su efectividad. Por otra parte, se difundió ante los principales proveedores de insumos agroindustriales de México, y ante la sociedad en general, que se trata de un hecho de particular relevancia en nuestro país, en donde el trabajo de investigadores de dos instituciones de investigación mexicanas han logrado, junto con una empresa de base tecnológica y una empresa comercializadora, llevar al mercado un producto en cuya etiqueta incluye la leyenda "Producto formulado con Tecnología del Instituto de Biotecnología de la UNAM y del CIAD-Culiacán".

Como ya se mencionó, el producto cuenta con registro ante la COFREPIS para su uso en el control de la antracnosis del mango y actualmente se encuentra en trámite (con dictamen positivo de efectividad por parte de SAGARPA) para aguacate, papaya, cítricos y cucurbitáceas (calabacita, pepinos). Se espera que en el mediano plazo se extenderá el uso del biofungicida a otros frutales y hortalizas, así como para el control de fitopatógenos diferentes al que causa la antracnosis.

Hay que enfatizar que el biofungicida *Fungifree AB* es el primer producto que se coloca en el mercado por una empresa *spin-off* del Insti-



El producto comercial *Fungifree AB*, en cuya etiqueta se incluye la leyenda "Producto formulado con Tecnología del Instituto de Biotecnología de la UNAM y del CIAD-Culiacán".



**Expo Agroalimentaria 2012 Guanajuato, evento en el que 450 empresas expusieron sus productos o servicios en un área de casi 90,000 metros cuadrados y que fue visitado por cerca de 92,000 personas.**



tuto de Biotecnología de la UNAM. En el evento de lanzamiento, la empresa *Agro&Biotecnia* entregó a las instituciones que licenciaron la tecnología, el cheque de la primera aportación por pago de regalías. Así, todos los actores de proceso de innovación se han visto beneficiados.

Los académicos del IBT-UNAM que han liderado el proyecto en sus diferentes facetas, tanto de investigación básica, desarrollo tecnológico e innovación son los Dres. Enrique Galindo Fentanes y Leobardo Serrano Carreón. Por parte del IBT-UNAM también estuvieron involucrados el M. en C. Martín Patiño Vera y el personal de la Unidad de Escalamiento y Planta Piloto. Por parte del CIAD, los investigadores involucrados son el Dr. Raúl Allende Molar, el Dr. Raymundo

García y el M. en C. Armando Carrillo Facio. Hay que enfatizar que en el proyecto han participado un número importante de estudiantes. El desarrollo y puesta en el mercado del biofungicida Fungifree AB es un logro particularmente relevante de la biotecnología mexicana y un destacado ejemplo de las capacidades de innovación de las capacidades de innovación de investigadores mexicanos y su capacidad de vinculación con la iniciativa privada. Este logro tecnológico es también una muestra de colaboración entre instituciones de investigación y de la muy deseable participación de empresas, en particular de aquellas de base tecnológica, en los procesos de innovación.

El lector interesado puede consultar los artículos publicados en

la Gaceta UNAM ([http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013\\_080.html](http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_080.html)) de febrero de 2013, pág. 12. <http://www.dgcs.unam.mx/gacetaweb/historico.html> y en las revistas *El Faro* (No. 141-142, págs. 4 y 5: [http://elfaro.cic.unam.mx/download/elfaro\\_142.pdf](http://elfaro.cic.unam.mx/download/elfaro_142.pdf)) e *Hypatia* ([http://hypatia.morelos.gob.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=865&Itemid=835](http://hypatia.morelos.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=865&Itemid=835)), sobre este desarrollo.

Reconocimientos: los autores agradecen los donativos que obtuvieron por parte del CONACyT, CONACyT-SAGARPA, Fondo Mixto CONACyT-Gobierno del Estado de Morelos y DGAPA-UNAM, para el desarrollo del proyecto (en un periodo de cerca de 12 años). Agradecen también muy especialmente al CeMITT y a su Incubadora de Alta Tecnología, el apoyo brindado durante la incubación de la empresa y al personal de la Secretaría de Innovación y Transferencia de Tecnología del IBT-UNAM, sus buenos

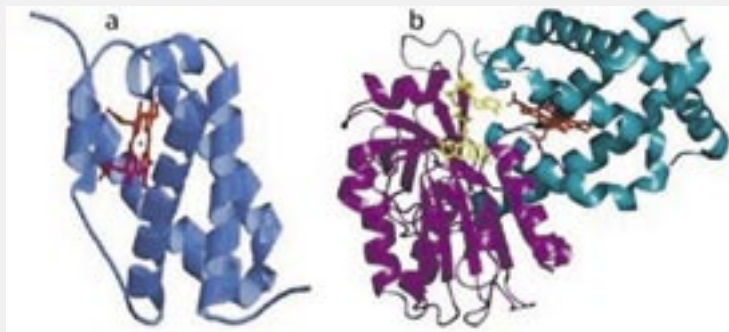


En la presentación del biofungicida *Fungifree AB* (de izquierda a derecha): Dr. Raúl Allende (CIAD-Culiacán), Ing. Carlos Jurado (Director General de FMC), Biol. Carlos Roberto Gutiérrez (*Agro&Biotecnia*), Dr. Carlos Áramburo (Coordinador de la Investigación Científica de la UNAM), Dr. Leobardo Serrano y Dr. Enrique Galindo (IBT-UNAM y *Agro&Biotecnia*), Dra. Brenda Valderrama (Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología de Morelos) y Dr. Antonio del Río (Presidente de la Academia de Ciencias de Morelos).

oficios en la gestión de la patente de tecnología entre la UNAM y del convenio de transferencia *Agro&Biotecnia*.

## Erratas

El día 29 de abril se publicó en este espacio, en las páginas 41 y 42, el artículo Hemoglobinas en bacterias. Más allá del transporte del oxígeno en la sangre, por Reinier Gesto Borroto y Raúl Arredondo Peter. Desafortunadamente, cometimos algunos errores, el más grave de los cuales es haber transpuesto las figuras. Las figuras correctas son las siguientes:



**Figura 1.** Hemoglobinas de bacterias. La cadena polipeptídica (que está formada por los aminoácidos) de la proteína se representa en la forma de listones. (a) Estructura de una hemoglobina truncada. (b) Estructura de una flavohemoglobina; en esta proteína el dominio globina está representado por los listones de color verde, y el dominio que une y que transfiere electrones está representado por los listones de color morado. En ambas Hbs la estructura de color rojo corresponde al grupo químico en donde se unen el O<sub>2</sub> y el NO, y las estructuras de color amarillo en la fHb corresponden a los grupos químicos que transfieren electrones.



**Figura 2.** Hojas de violeta africana. (a) Hoja sana. (b) Hoja infectada con *Erwinia chrysanthemi* (que produce una fHb), en la que se observan signos de necrosis (muerte) en el tejido. (c) Hoja inoculada con *Erwinia chrysanthemi* que carece de la fHb, en donde los signos de necrosis son escasos.

Esperamos que el comprensivo lector perdone éste y nuestros demás errores, los cuales fueron básicamente de formato.

Atentamente,  
Luis Mochán  
Coordinador del Comité Editorial de la ACMor.

De Viva Voz



Grupo Fórmula

RADIO • TELEVISIÓN • INTERNET



López Dóriga

Lunes a Viernes  
13:30 a 15:30 Hrs.  
Sábados y Domingos  
15:00 a 16:00 Hrs.



Liliana Sámano

Lunes a Viernes  
6:00 a 7:00 Hrs.  
15:30 a 17:00 Hrs.

106.9FM



Laura Castilla

Sábados  
8:00 a 9:00 Hrs.



José Cárdenas

Lunes a Sábado  
18:00 a 20:00 Hrs.

Calle del Hueso No. 112, Col. Buenavista, Cuernavaca 62130, Mor.  
Tels.: (777) 313-3880 / 364 56 10    [www.radioformula.com.mx](http://www.radioformula.com.mx)

Para actividades recientes de la Academia y artículos anteriores puede consultar: [www.acmor.org.mx](http://www.acmor.org.mx)