

ganismos genéticamente modificados, con el fin de prevenir, evitar o reducir los posibles riesgos que estas actividades pudieran ocasionar a la salud humana o al medio ambiente y a la diversidad biológica o a la sanidad animal, vegetal y/o acuícola. A partir de la entrada en vigor de la ley, la Semarnat tiene facultades en el ámbito de la bioseguridad.

La Conabio ha venido realizando análisis de riesgo para la liberación al ambiente de OVM, desde 1998, cuando empezó a recibir solicitudes de movilización y liberación de estos organismos que eran enviadas por la Sagarpa a la Dirección General de Vida Silvestre y a la Unidad Coordinadora de Asuntos Internacionales de la Semarnat, las cuales las remitían a Conabio. A partir de 2000 la Conabio es invitada a integrarse al SEA, y desde entonces recibe directamente de la Sagarpa las solicitudes de liberación al ambiente para su análisis y opinión. La Conabio emite re-

comendaciones caso por caso, entendiendo por un caso el trío compuesto por: 1] el hecho de la transformación, que es la inserción de una construcción genética en el genoma de un organismo receptor; 2] el organismo receptor, que por lo general corresponde a una especie cultivada, y 3] el sitio donde se pretende llevar a cabo la liberación. A partir de la entrada en vigor de la LBOGM (mayo de 2005), la Conabio pronuncia sus recomendaciones a la Sagarpa y a la Semarnat, respecto a la liberación de los OVM de las especies de su competencia y como apoyo técnico a la emisión de los dictámenes vinculantes sobre actividades de liberación experimental, de liberación en programa piloto y de liberación comercial de OVM que competen a la Sagarpa (de acuerdo con el artículo 66 de la LBOGM) (figura 1).

¿Por qué llevar a cabo un análisis de riesgo?

México es considerado uno de los cinco países más ricos en diversidad en el mundo; estos países, junto con otros siete, son considerados países "megadiversos", pues albergan entre 66 y 75% de la biodiversidad mundial. Por sí sólo, México concentra 10% de la biodiversidad mundial y 10% de todas las especies de plantas identificadas a la fecha. Vavilov (1951) identificó a México como uno de los centros de origen y diversificación de varios cultivos agrícolas económicamente importantes, como maíz, frijol, calabaza y chi-

le. México y Guatemala han sido considerados como "centro de origen mesoamericano", sugiriéndose que estos dos países serían uno de los centros primarios de la domesticación de plantas (Hernández Xolocotzi, 1998).

Los riesgos potenciales por la liberación al ambiente de OVM en una región que presenta estas características merecen ser estudiados con mucho mayor detenimiento tomando en cuenta las repercusiones biológicas, económicas y culturales que una decisión equivocada pudiese tener sobre fuentes existentes de diversidad genética.

Dentro de los potenciales riesgos al ambiente y específicamente a la diversidad biológica que se han mencionado en la literatura científica por la liberación al ambiente de OVM se incluyen:

- Dispersión de polen y semillas del OVM.
- Flujo de genes entre el cultivo modificado genéticamente y los no modificados, así como con sus parientes silvestres.
- Pérdida de germoplasma (variabilidad genética).
- Introducción de especies exóticas.
- Competencia entre especies.
- Efectos en especies no "blanco".

Tomando en cuenta los riesgos y la realidad nacional se vuelve imprescindible analizar cuáles de estos riesgos serían potencialmente viables.

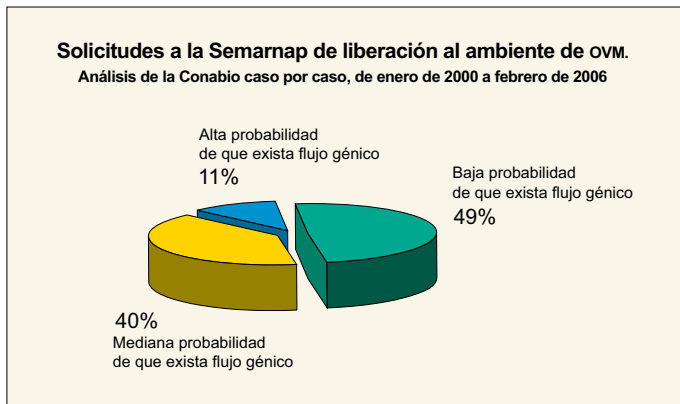


Figura 1. De enero de 2000 a febrero de 2006, la Conabio ha elaborado 1116 recomendaciones (en las solicitudes que se presentaban a la Sagarpa, y actualmente a la Semarnat, muchas veces se reciben propuestas para liberar un OVM en diferentes sitios; la Conabio realiza un análisis independiente para cada sitio de liberación solicitado, siguiendo el enfoque de caso por caso).





México es considerado como centro de origen del maíz y centro primario de domesticación del cultivo, debido a la presencia de registros fósiles en el Valle de Tehuacán de hace 9 000 años; además es centro de diversificación.

© Fulvio Eccardi

¿En qué consiste el análisis de riesgo que practica la Conabio?

El análisis de riesgo que lleva a cabo la Conabio por la liberación de ovm al ambiente es una herramienta de tipo precautoria y preventiva, que evalúa la posibilidad de existencia de flujo génico. Apuesta además al uso de información de línea base ya existente proveniente de colectas en herbarios, bancos de germoplasma, publicaciones, etc. (véase Arriaga *et al.*, 2006). México representa una gran fuente de biodiversidad, lo que implica que los análisis de riesgo sobre liberaciones de ovm al ambiente se tornan complicados de realizar y de interpretar en sus resultados, además de que no se cuenta con recursos para salir al campo a realizar los experimentos que indiquen los riesgos potenciales que pueden surgir (Soberón *et al.*, 2002), por lo que la metodología fue desarrollada pensando en las condiciones de nuestro país, y uno de los principios es el de realizar el análisis de riesgo caso por caso (figura 2).

La metodología consiste en:

1] Evaluar la información del ovm presentada por el solicitante y la disponible en bases de datos públicas. Si se identifica un problema inherente al ovm, el análisis no prosigue y se recomienda no permitir la liberación al ambiente.

2] Evaluar la posibilidad de que exista flujo génico del ovm con las especies relacionadas presentes en México, incluyendo al organismo receptor así como sus parientes silvestres,

en caso de que el ovm en cuestión sea liberado en el lugar propuesto en la solicitud. Esta evaluación se realiza por medio de: 1] identificar la presencia y distribución del organismo receptor del ovm que se pretende liberar y de sus parientes silvestres presentes en México; 2] determinar, con base en la literatura publicada, las características del organismo receptor, de los parientes silvestres y del ovm conducentes a la hibridación; 3] inferir, con base en la literatura publicada, la posible adecuación de la descendencia en aquellos casos en los que la hibridación se pueda dar de manera natural; 4] detectar si el área donde se pretende liberar el ovm se encuentra suficientemente cercano (es decir aquella distancia que permite la hibridación, ya

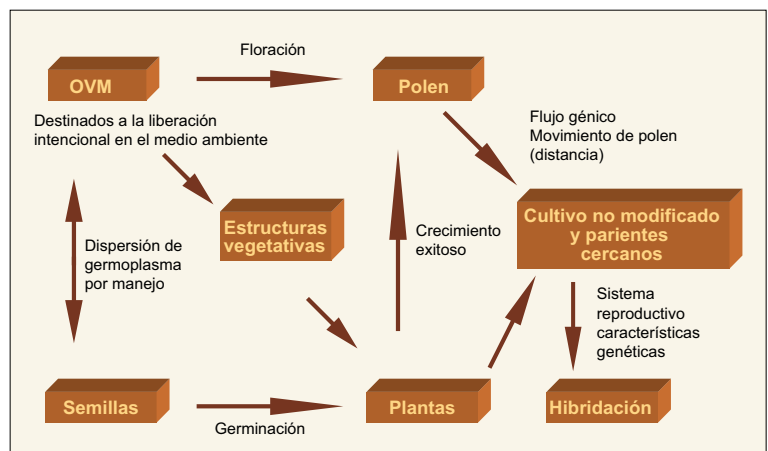
sea por la distancia a que se dispersa el polen de manera natural, o por los insectos polinizadores) a los puntos de colecta o está dentro del área de distribución potencial obtenida mediante un algoritmo que predice aquellas especies con las que pudiera hibridar y tener descendencia viable.

A partir del 2005, este análisis de riesgo forma además parte integral de una metodología desarrollada en el seno del Subcomité Especializado de Medio Ambiente llamado AROMMA³. El SEMA, creado en 2002, es un órgano de consulta interdisciplinario de la Semarnat perteneciente a la Cibiogem y coordinado por el INE. En él participan por invitación investigadores de diversas instituciones mexicanas, al igual que dependencias de gobierno. Su finalidad es la de dar apoyo en los temas de bioseguridad y el ambiente.

¿Cómo lleva a cabo la Conabio el análisis de riesgo y qué herramientas utiliza?

La Conabio empezó a desarrollar el

Figura 2. Esquema de los mecanismos comprobados de flujo génico entre los organismos vivos modificados, los cultivos no modificados y sus parientes silvestres.



Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (siovm)⁴ desde 1999 y tuvo un impulso importante con el apoyo del proyecto para la creación de capacidad para la implementación del Protocolo de Cartagena financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés), el cual se desarrolló de 2002 a 2005. El siovm que fue desarrollado a partir de la plataforma de Biótica es una base de datos que fue ideada como una herramienta pública de contenido de libre acceso en línea para dar apoyo en el proceso de análisis de riesgo, toma de decisiones, gestión y comunicación del riesgo.

El siovm incluye información de los ovm, de los organismos receptores y de los parientes silvestres presentes en México, la cual puede ser visualizada por el usuario en un archivo en formato PDF, facilitando su despliegue y almacenaje por el interesado (tabla 1).

El siovm es utilizado para recabar información necesaria de aquellas especies que tienen posibilidad de hibridizar con el ovm y que podrían tener descendencia viable de forma natural (excluyendo técnicas de laboratorio o polinización asistida). Para acotar el número de especies por analizar se utiliza información sobre la biología reproductiva de las especies, los mecanismos de dispersión de semillas, así como de su crecimiento vegetativo. Se consideran variables como la fenología, la viabilidad y movimiento del polen, mecanismos de dispersión de polen y semillas como el viento, polinizadores, frutos, las distan-

Nombre común	Especie	Total de eventos de transformación	Número de especies de parientes silvestres
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i> L.	2	5
Algodón	<i>Gossypium hirsutum</i> L.	19	24
Arroz	<i>Oryza sativa</i> L.	2	5
Betabel	<i>Beta vulgaris</i> L.	3	2
Calabaza	<i>Cucurbita pepo</i> L.	2	24
Canola	<i>Brassica napus</i> L. y <i>B. rapa</i> L.	23	60
Chicoria	<i>Cichorium intybus</i> L.	3	1
Clavel	<i>Dianthus caryophyllus</i> L.	14	1
Girasol	<i>Helianthus annuus</i> L.	1	12
Lino	<i>Linum usitatissimum</i> L.	1	1
Maíz	<i>Zea mays</i> L.	32	9
Melón	<i>Cucumis melo</i> L.	2	6
Papa	<i>Solanum tuberosum</i> L.	20	13
Papaya	<i>Carica papaya</i> L.	2	6
Pasto (bentgrass)	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	1	27
Soya	<i>Glycine max</i> (L.) Merr.	8	3
Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i> L.	2	18
Jitomate	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	8	4
Trigo	<i>Triticum aestivum</i> L.	1	30
Total	20 especies	146	251

Tabla 1. Especies genéticamente modificadas liberadas comercialmente en al menos un país.

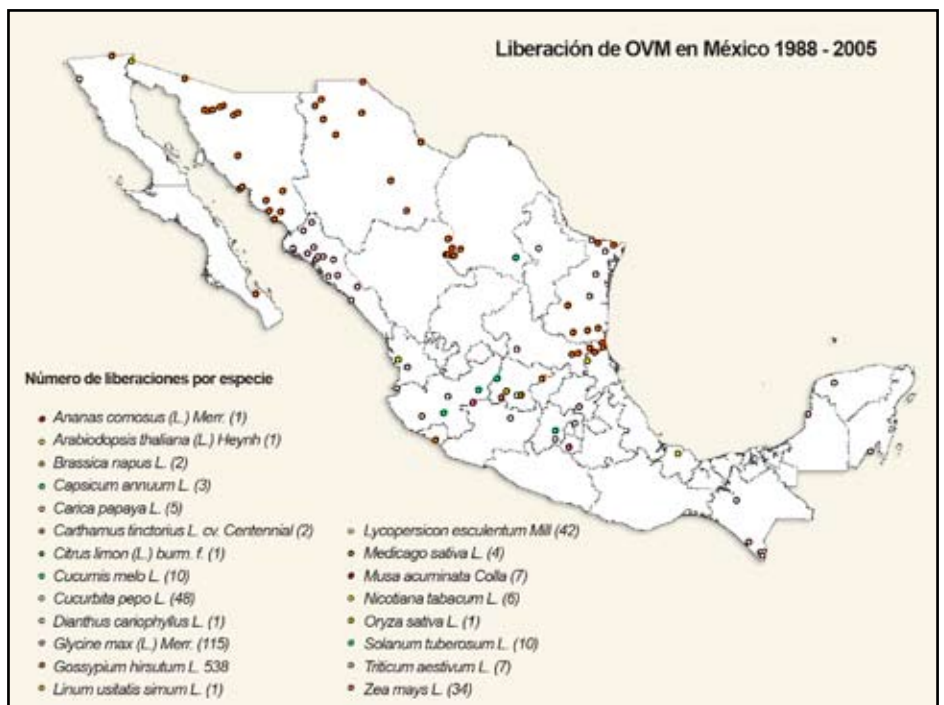
Fuente: <<http://www2.oecd.org/biotech/frameset.asp>> <<http://www.agbios.com/dbase.php>>

cias de movimiento de polen, y estimaciones de flujo génico hechas previamente. Con toda esta información se determina qué especies realmente tienen posibilidades de hibridizar con el ovm. Además se recaban todos los puntos de ocurrencia de las especies analizadas, se valida su taxonomía y las referencias geográficas reportadas.

Los datos de colecta (puntos de ocurrencia) de cada una de las especies identificadas son ingresadas al modelo matemático predictivo

espacial llamado "Genetic Algorithm for Rule-Set Prediction" (GARP; Stockwell y Noble, 1992; Stockwell y Peters, 1999), junto con información ecológico-geográfica. El resultado que se obtiene son las distribuciones potenciales para cada una de las especies analizadas, es decir las zonas con similitud de condiciones ambientales en las que es altamente probable que la especie se pueda encontrar, aun cuando su presencia no haya sido reportada previamente.

Liberaciones de ovm con carácter experimental en México entre 1988 y 2005. Algunos puntos pueden representar una o más liberaciones de ovm.





Quando se han obtenido las distribuciones potenciales para cada especie con la cual el ovm puede llegar a hibridizar y tener descendencia viable, se realiza la suma geográfica de las distribuciones para todas las especies y ésta es representada gráficamente en un mapa para analizar las áreas potenciales de hibridización y flujo génico para las especies estudiadas. Sobre esta distribución po-

tencial se representan además los puntos de ocurrencia usados para el análisis matemático y el sitio pretendido de liberación al ambiente del ovm. El análisis espacial de los datos se representa usando un sistema de información geográfica⁵.

Es entonces cuando se analiza la cercanía del sitio en donde se pretende llevar a cabo la liberación del ovm con las distribuciones puntuales de las especies analizadas, así

como de sus distribuciones potenciales. Si el sitio de liberación está lo suficientemente cercano a los puntos de ocurrencia, lo que según los datos biológicos pudiera indicar la posibilidad de flujo génico con la o las especies representadas, esto revelaría un potencial riesgo que debe ser prevenido evitando en lo posible que la liberación del ovm se lleve a cabo en el sitio solicitado. En estos casos la Conabio re-



Ejemplo de un estudio realizado a raíz de una solicitud para liberar un ovm de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en México. El mapa incluye la distribución de los puntos de colecta obtenidos a partir del siovm, al igual que su distribución potencial en la República mexicana. Dependiendo del sitio solicitado para liberar se podrá detectar o no la posible consecuencia de flujo génico en el análisis.

Una de las actividades realizadas mediante el Proyecto GEF fue presentar las metodologías de análisis de riesgo del INE y de la Conabio a los sectores de la sociedad que muestran un interés y una preocupación en el tema, incluyendo el académico, el privado y la sociedad civil. Esto abrió la discusión y permitió recoger una serie de opiniones y comentarios positivos que se integraron a las metodologías. Al ser la biotecnología moderna un área en constante evolución y estar en constante aumento la solicitud de permisos de liberación de oGM, la discusión sobre perfeccionar y optimizar las metodologías de análisis de riesgo sigue abierta.

¹ Conabio y UNAM

² Conabio

<facevedo@xolo.conabio.gob.mx>

³ Semarnat

comienda no permitir la liberación del ovm en esa localidad. Si el sitio de liberación se ubica dentro de la distribución potencial de al menos una de las especies estudiadas, representa un posible riesgo. En este último caso, lo que Conabio recomienda es no permitir la liberación del ovm en la localidad solicitada hasta que no se lleven a cabo estudios de campo para corroborar la presencia de esas especies. Si se

comproba que la especie se encuentra en el área estudiada, se recomienda no liberar el ovm en esa localidad. La Conabio también toma en cuenta en su análisis las medidas de bioseguridad, al igual que las de contingencias presentadas en la solicitud que pudieran subsanar cualquier riesgo de flujo génico detectado, y si se las consideran insuficientes se sugieren otras medidas adicionales.

Referencias

- ¹ <<http://web2.senasica.sagarpa.gob.mx/xportal/nom/noms/Doc74/NOM056.doc>>
- ² <http://www.cddhcu.gob.mx/leyinfo/pdf/Ley_BOGM.pdf>
- ³ <<http://www.ine.gob.mx/aromma/>>
- ⁴ <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/doctos/consulta_SIOVM.html>
- ⁵ Arc View 3.3 Spatial Analyst, ESRI, <<http://www.esri.com>>