

PLAN NACIONAL DE ELIMINACIÓN DEL CONSUMO DE BROMURO DE METILO EN MÉXICO

Informe 2009-2012, Sector Estructuras

Abril de 2013



JUAN RAFAEL ELVIRA QUESADA

SECRETARIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

MAURICIO LIMÓN AGUIRRE

SUBSECRETARIO DE GESTIÓN PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL

ANA MARÍA CONTRERAS VIGIL

DIRECTORA GENERAL DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

Y REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES

AGUSTÍN SÁNCHEZ GUEVARA

COORDINADOR DE LA UNIDAD DE PROTECCIÓN A LA CAPA DE

OZONO

SOFÍA URBINA LOYOLA

COORDINADORA DEL PLAN NACIONAL DE ELIMINACIÓN DEL

CONSUMO DE BROMURO DE METILO

GUILLERMO CASTELLÁ LORENZO

JEFE DE LA UNIDAD DE FUMIGANTES Y VICE-DIRECTOR DE LA

DIVISIÓN DEL PROTOCOLO DE MONTREAL. ONUDI-VIENA

Consultores

Hilda Hesselbach

Consultora en medio ambiente SEMARNAT-ONUDI

César Altamirano

Consultor en fumigaciones SEMARNAT-ONUDI

Agradecimientos

El Plan Nacional es resultado de un esfuerzo de colaboración entre el equipo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

Estamos muy agradecidos con los prestadores de servicios de fumigación y distribuidores de plaguicidas que enriquecieron los talleres de información, capacitación y difusión, y con los empresarios mexicanos, directivos y personal técnico de las plantas de almacenaje y procesamiento de granos y alimentos que facilitaron sus instalaciones y experiencias para los procedimientos de prueba de las alternativas de sustitución del bromuro de metilo:

Agrofum, S.A.
Bidasem Productora y Comercializadora de Semillas, S.A. de C.V.
Chipiga, S. de R.L. de C.V.
Comercializadora de Productos Agrícolas (COPANAC), S.A. de C.V.
CP Ingredientes, S.A. de C.V.
CP Ingredientes, S.A. de C.V.
Destilamex, S.A. de C.V.
Dow Agrosciences de México, S.A. de C.V.
Fisa Gemex, S.A. de C.V.
Grupo Altex Molino San Andrés
Grupo Gamesa, S. de R.L. de C.V.
Grupo Gamesa, S. de R.L. de C.V.
Harinera La Espiga, S.A. de C.V.
Harinera Los Pirineos, S.A. de C.V.
Molinera de México, S.A. de C.V.
Museo Regional de Guadalajara
Palmex Alimentos, S.A. de C.V.
Palmex Alimentos, S.A. de C.V.
PLAGATROL, S.A. de C.V.
Servicios Agropecuarios de la Costa, S.A. de C.V.
Tablex Miller, S. de R.L. de C.V.
Tablex Miller, S. de R.L. de C.V.
Villa Palmira Granos, S.A. de C.V.

CONTENIDO

Resumen ejecutivo	v
Antecedentes.....	vi
I. PLANEACIÓN	1
II. CAPACITACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA.....	5
2.1 Capacitación 2006-2007	5
2.2 Proyectos piloto 2006-2008	6
2.3 Talleres de capacitación y difusión 2010	12
III. PROYECTOS DE INVERSIÓN.....	15
3.1 Convenios y donaciones.....	15
3.2 Instalando capacidades locales para el uso de alternativas	17
IV. MONITOREO.....	18
4.1 Variación del volumen importado	18
4.2 Costo del bromuro de metilo	19
4.3 Consumo y eliminación.....	20
4.4 Eficacia de las alternativas	20
4.5 Fumigación asistida con fluoruro de sulfurilo	22
4.6 Introducción de una nueva tecnología en México: tratamiento térmico .	23
V. DIFUSIÓN	25
VI. IMPACTO DEL PROYECTO EN LA PROTECCIÓN A LA CAPA DE OZONO .	27
VII. LECCIONES APRENDIDAS Y TAREAS PENDIENTES	28
ANEXOS.....	32
Anexo I. Marco Lógico del proyecto.....	32
Anexo II. Sistema de monitoreo.....	32
Anexo III. Memorias del Taller de Planeación Guadalajara, 2008	32
Anexo IV. Memorias del Taller de Evaluación y Planeación Zacatecas, 2010	32
Anexo V. Memorias del Taller de Evaluación y Planeación, Oaxaca, 2012..	32
Anexo VI. Reporte del Taller de Capacitación, Navojoa. Sonora, 2010.....	32
Anexo VII. Reporte del Taller de Capacitación. Celaya, Gto., 2010	32
Anexo VIII. Reporte del Taller de Difusión. Monterrey, NL. 2010	32
Anexo IX. Reporte del Taller de Difusión. Acapulco, Gro. 2010	32
Anexo X. Convenios de colaboración	32
Anexo XI. Materiales, equipos y sustancias donadas.....	32

Anexo XII. Informe sobre tratamiento térmico	32
Anexo XIII. Brochure proyectos piloto.....	32
Anexo XIV. Tríptico descriptivo de alternativas.....	32

Índice de tablas

Tabla 1. Principios del marco lógico.....	1
Tabla 2. Talleres de capacitación 2006-2007.....	5
Tabla 3. Talleres de información y demostración 2010	13
Tabla 4. Bromuro de metilo a eliminar por convenio 2011-2012	16
Tabla 5. Donaciones 2011	17

Índice de figuras

Figura 1. Ciclo general del proyecto.....	1
Figura 2. Asistencia técnica en el Museo Regional de Guadalajara y la empresa BIDASEM.....	7
Figura 3. Equipo y asistencia técnica en Palmex Alimentos y Molino San Andrés	9
Figura 4. Talleres de difusión en Monterrey y Acapulco.....	13
Figura 5. Demostración del empleo de feromonas, tratamiento con fluoruro de sulfurilo y fosfina	15
Figura 6. Acondicionamiento del equipo de tratamiento térmico	25
Figura 7. Entrega de equipos, agosto de 2011.....	26

Índice de cajas

Caja 1. Criterios de selección de empresas para los proyectos piloto.....	7
Caja 2. Criterios para la elaboración de diagnósticos de empresas participantes en proyectos piloto.....	8
Caja 3. Diseño de diagnósticos y planes de asistencia técnica.....	9
Caja 4. Resultados del uso de fosfina y fosfina con bióxido de carbono en proyectos piloto	10
Caja 5. Resultados del uso de feromonas en proyectos piloto	11
Caja 6. Resultados del uso de fluoruro de sulfurilo y FS más bióxido de carbono.....	11

Acrónimos

BM	Bromuro de metilo
FS	Fluoruro de sulfuro
ML	Marco Lógico
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
PM	Protocolo de monitoreo
PN	Plan Nacional de Eliminación del Consumo de Bromuro de Metilo en México
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
SISSAO	Sistema de Monitoreo y Control del Consumo de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono
UPO	Unidad de Protección a la Capa de Ozono

Resumen ejecutivo

Se presentan las actividades de planeación; promoción y difusión; capacitación y asistencia técnica; proyectos de inversión, así como de monitoreo y evaluación realizadas en el periodo 2009-2012 para la eliminación del consumo de bromuro de metilo en el sector estructuras. El resultado final fue la eliminación de 44,238 kilogramos de BM que representan 26.53 toneladas de emisiones con capacidad de destrucción en la ozonósfera. Si se toma como referencia el periodo 2007-2010, en el que el uso total en el sector estructuras fue de 50.33 toneladas, con los convenios signados en 2011 y 2012 se logró el compromiso de eliminación del 87.9 % de bromuro de metilo consumido en cuatro años en el sector estructuras.

Esto se logró a través de la firma de 10 convenios con empresas usuarias, comprometidas a sustituir el uso de este plaguicida por alternativas como el fluoruro de sulfuro, fosfina, feromonas y tratamiento térmico. Además de la disminución del consumo de bromuro de metilo, se introdujo en México y en toda la región de América Latina el tratamiento con calor, una tecnología limpia que ha reportado amplios beneficios ambientales y económicos en otros países. Asimismo, con el acompañamiento técnico se lograron mejoras en los

procedimientos de fumigación, en lo referente al uso y verificación de equipos, así como en las medidas de seguridad.

Antecedentes

En la 54^a reunión del comité Ejecutivo del Protocolo de Montreal celebrada en abril de 2008, fue aprobado el Plan Nacional de Eliminación del Consumo de Bromuro de Metilo en la Fumigación de Suelos y Estructuras (PN). El proyecto es implementado por el Gobierno de México a través de la Unidad de Protección a la Capa de Ozono (UPO) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en coordinación con la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

El objetivo del proyecto es sustituir el bromuro de metilo o bromometano usado en la fumigación de suelos y estructuras de almacenaje por sustancias y prácticas alternativas con viabilidad técnica, económica, ambiental y social. Para cumplir con este objetivo, se proporciona asistencia técnica, capacitación y financiamiento a los usuarios de este fumigante que se comprometen a sustituirlo en forma definitiva.

El PN tiene como meta la eliminación del consumo¹ de 1,491 toneladas métricas (895 toneladas PAO²) de bromuro de metilo para el año 2014. La eliminación inició en 2008 y se realiza en forma gradual. En 2011, México eliminó el consumo de 250 toneladas de bromuro de metilo, alcanzando una reducción total del 53 % del consumo de esta sustancia, a partir de la línea base establecida en 1998 (1,884 toneladas). La reducción del BM se realiza en base a sistemas de cuotas que se implementan con el soporte del Sistema de Información de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SISSAO) que opera la UPO.

¹ El Protocolo de Montreal define el consumo de una sustancia como el resultado de la producción nacional, más las importaciones realizadas por el país, menos las exportaciones (Consumo = Producción + Importación – Exportación).

² Tonelada PAO: Cantidad de una sustancia, expresada en toneladas y multiplicada por su factor de agotamiento de la capa de ozono.

Para cumplir las responsabilidades adquiridas ante el Protocolo de Montreal, el Gobierno de Canadá ofreció una contribución al Fondo Multilateral del Protocolo, con el fin de apoyar a México en la implementación de la fase final de eliminación de BM. En agosto de 2009 se firmó el Acuerdo de Cooperación para la Eliminación Definitiva de Bromuro de Metilo en México en el Sector Estructuras, entre el Ministerio del Medio Ambiente de Canadá y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), esta última, como beneficiaria inicial y administradora de los recursos a usar en la implementación de la estrategia propuesta por México.

El propósito de este Acuerdo es asistir a México en el cumplimiento de sus compromisos para eliminar el consumo de bromuro de metilo en la fumigación de estructuras, a través de la realización de talleres de información sobre el uso de alternativas de sustitución del bromuro de metilo; provisión de equipos para la eliminación definitiva del bromuro de metilo y asistencia técnica para el correcto uso de las alternativas.

La planeación, gestión y resultados de estos compromisos se presentan en este informe.

I. PLANEACIÓN

El proyecto da inicio con el registro de importaciones y el conocimiento de los usuarios de bromuro de metilo en el sector estructuras en México, con lo que se definió la línea base y las metas de eliminación.

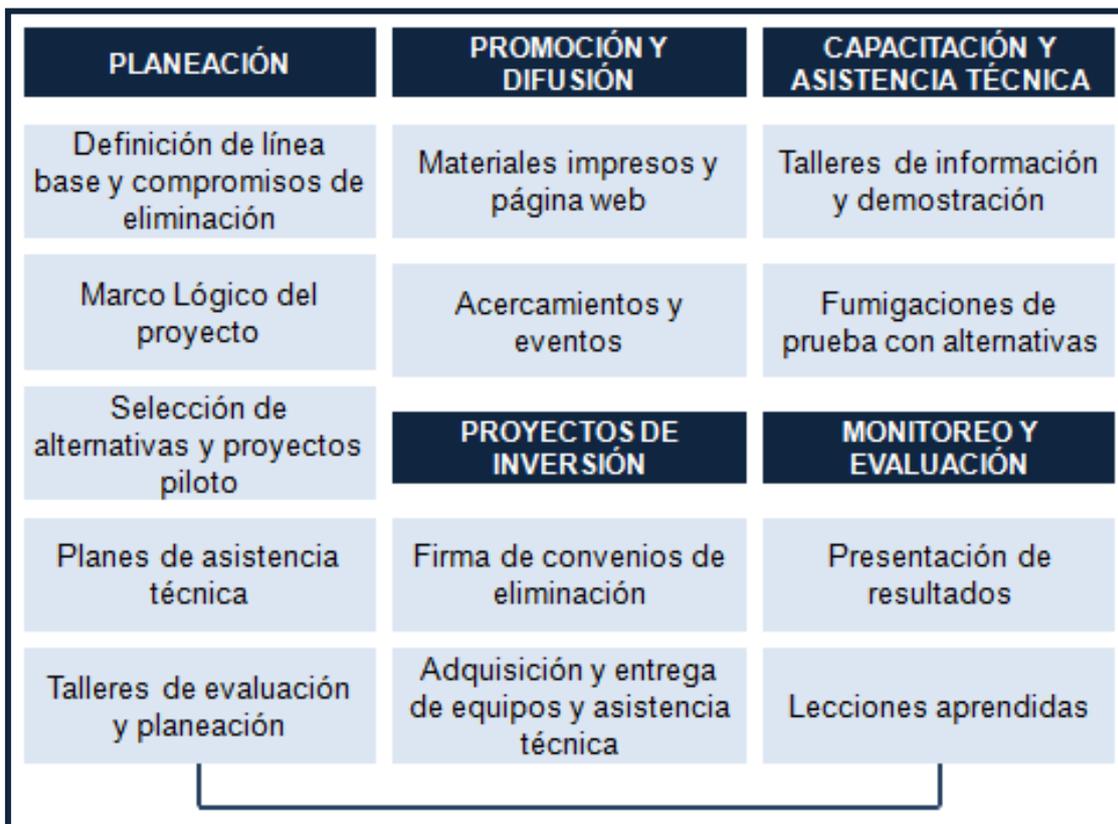


Figura 1. Ciclo general del proyecto

Como guía para la acción y el seguimiento del PN, se elaboró el Marco Lógico del Proyecto (Anexo I). Las definiciones centrales del ML se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Principios del marco lógico

Objetivo general	Eliminar el consumo de bromuro de metilo en la fumigación de estructuras de almacenaje en México para proteger la Capa de Ozono y cumplir con los compromisos de México ante el Protocolo de Montreal.
Objetivo específico	Que los usuarios de esta sustancia en México sustituyan definitivamente su uso.
Productos y	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alternativas al uso de bromuro de metilo identificadas,

Con el objetivo de hacer que el PN fuese cuantitativamente evaluable y sus resultados comunicables, se diseñó del Sistema de Monitoreo (Anexo II), que sugiere el uso de indicadores de gestión y de valoración de la protección que supone la eliminación del consumo de bromometano a la capa de ozono.

Durante el periodo 2009-2012 se realizaron tres talleres de evaluación y planeación del Plan Nacional. Los resultados y compromisos derivados de estos talleres sirvieron de base para orientar las actividades posteriores a los mismos.

Primer Taller: Ciudad de Guadalajara, Jalisco: 23-25 de julio de 2008

Este primer taller se caracterizó por la participación de representantes de empresas usuarias de bromuro de metilo. Por esta condición, y por tratarse del primer taller general, las sesiones se dedicaron fundamentalmente a ofrecer información del objetivo y las estrategias del Plan Nacional, así como a conocer las expectativas de los usuarios y a responder sus dudas. Estas se centraron en la necesidad de probar las bondades de las alternativas para la sustitución del bromuro de metilo, a los requerimientos de capacitación y acompañamiento continuo para el empleo de alternativas, así como a la aclaración de los esquemas de vinculación y participación de los usuarios con el Plan Nacional.

Asimismo, se establecieron las metas de eliminación de bromuro de metilo en el sector estructuras para los siguientes tres años: 2010: 33.3 toneladas; 2012: 83.3 toneladas y, 2013, 33.3 toneladas, esto es 149.9 ton totales, a través de la firma de 10 acuerdos de eliminación y asistencia técnica (Anexo III, Memoria del Taller).

Segundo Taller: Ciudad de Zacatecas, Zacatecas: 14 -16 de julio de 2010

En el marco de este taller, se hizo una evaluación de las actividades realizadas y las lecciones aprendidas entre los diferentes grupos de trabajo y se definieron los criterios para la selección de participantes en proyectos de inversión para la asignación de recursos.

La mesa del Sector Estructuras definió la estrategia de planeación a corto plazo. Se concluyó la necesidad de sustituir el desarrollo de los talleres masivos que se venían realizando por un acercamiento directo, focalizado a las empresas con mayor potencial para participar en los proyectos de inversión.

Se acordó que estas empresas deberían ser las dedicadas a prestar servicios de fumigación en almacenes, silos y demás estructuras, para tener un efecto multiplicador, en tanto realizan fumigaciones en diversas empresas usuarias de bromuro de metilo y, consecuentemente son las que adquieren mayores volúmenes (Anexo IV, Memoria del Taller)

Tercer Taller: Ciudad de Oaxaca, Oaxaca: 16-18 de mayo de 2011

La evaluación de resultados de las acciones emprendidas desde el taller anterior mostró que la estrategia de dirigir los esfuerzos a un pequeño grupo de prestadores de servicios de fumigación fue efectiva, en tanto se tradujo en las primeras firmas de convenios para la sustitución del bromuro de metilo por otras alternativas de fumigación.

Se mostró que los primeros siete proyectos de inversión sirvieron de referencia y facilitaron el camino para la firma de nuevos convenios de eliminación. Asimismo se evaluaron las experiencias de capacitación, que dieron como resultado cambios significativos en la percepción de los usuarios de bromuro de metilo en relación a la existencia de alternativas viables, y la posibilidad de acceder a ellas a través del Proyecto.

Se definió que las actividades del siguiente periodo se concentraran en intensificar las negociaciones con grandes usuarios conocidos y se estableció la ruta de acción para este fin.

Una de las conclusiones del sector, fue la necesidad de documentar los resultados y experiencias obtenidas en el proceso global del proyecto, y de manera particular, las experiencias obtenidas con el empleo de alternativas (Anexo V Memoria del Taller)

II. CAPACITACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA

Como componente transversal del proyecto, las actividades de capacitación y asistencia técnica tuvieron lugar desde el inicio del mismo hasta la conclusión del Plan Nacional. En este apartado se reseñan las acciones de acompañamiento técnico realizadas en las diferentes etapas, desde el año 2006 al 2013.

2.1 Capacitación 2006-2007

Sobre la base de la documentación técnica y el análisis de estudios de caso sobre otros métodos de fumigación sin la aplicación de bromuro de metilo, se seleccionaron cinco alternativas al uso de bromuro en México:

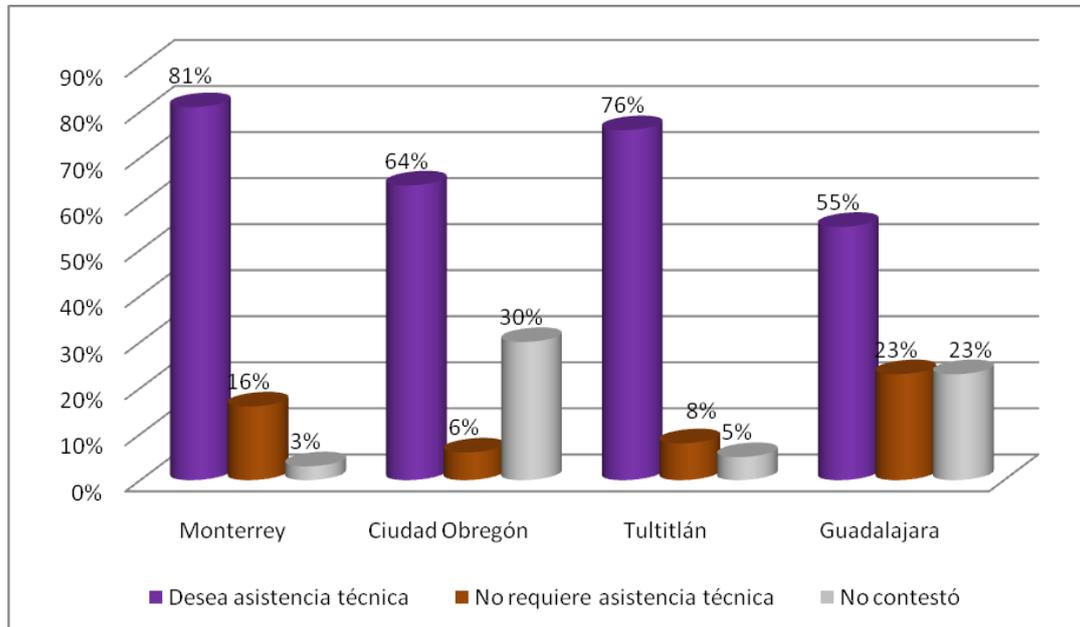
- Fosfina
- Fosfina + CO₂
- Feromonas
- Fluoruro de sulfurilo
- Fluoruro de sulfurilo + CO₂

Para conocer el interés de los usuarios sobre estas alternativas, se llevaron a cabo cuatro talleres de difusión y capacitación a finales del 2006 e inicio del año 2007. En los mismos participaron 270 personas relacionadas con el sector del almacenaje en México (técnicos y fumigadores), además de los expertos nacionales e internacionales más reconocidos y con mayor conocimiento de las alternativas seleccionadas

Tabla 2. Talleres de capacitación 2006-2007

Lugar	Fecha	Número de asistentes	Número de empresas representadas
Monterrey, Nuevo León	8 de diciembre del 2006	45	36
Ciudad Obregón, Sonora	26 de enero del 2007	75	59
Tultitlán, Estado de México	23 de febrero del 2007	90	76
Guadalajara, Jalisco	28 de marzo del 2007	60	71
Total		270	

Como se observa en la siguiente gráfica, en los cuatro talleres la mayoría de los participantes mostró interés en recibir asistencia técnica para el manejo de plagas, lo que dio pie a continuar con la siguiente etapa.



Gráfica 1. Porcentaje de interés en recibir asistencia técnica para el manejo de plagas en el sector estructuras (talleres de capacitación 2006-2007)

Los talleres sirvieron también de referencia para identificar a las empresas más interesadas en recibir asistencia técnica y continuar participando en el proyecto.

2.2 Proyectos piloto 2006-2008

Con el objetivo de verificar la efectividad de las alternativas seleccionadas, entre octubre de 2006 y octubre de 2008 se llevaron a cabo 10 proyectos piloto de fumigación en las instalaciones de las 10 primeras empresas interesadas en sustituir el uso de bromuro de metilo.

Las líneas estratégicas de los Proyectos Piloto para la Aplicación de Alternativas al uso del Bromuro de Metilo en la Fumigación de Estructuras fueron:

- Promover la reducción del uso de bromuro de metilo en la fumigación de estructuras de almacenaje en México.
- Difundir los métodos y sustancias alternativas para evitar el consumo de bromuro de metilo.
- Identificar la aceptación de las empresas (viabilidad) para sustituir el empleo de BM por otros métodos y sustancias alternativas.
- Identificar empresas que participarían en los proyectos de inversión para la eliminación del consumo de bromuro de metilo en México en el sector de almacenaje.



Figura 2. Asistencia técnica en el Museo Regional de Guadalajara y la empresa BIDASEM

La estrategia para la implementación de esta etapa fue la siguiente:

- a) Definición de criterios para la selección de empresas participantes en los proyectos piloto.

Caja 1. Criterios de selección de empresas para los proyectos piloto

Ubicación geográfica
Volúmenes almacenados y tipo de producto almacenado
Tipo de estructuras de almacenaje
Características físicas de las instalaciones donde se emplea el bromuro de metilo
Productos almacenados que son tratados con bromuro de metilo
Especies de plagas controladas
Frecuencia de fumigaciones con bromuro de metilo
Cantidades consumidas de bromuro de metilo
Empresas que tiendan a constituirse como socialmente responsables
Facilidades de acceso a la empresa
Disponibilidad para adoptar un “Plan de asistencia técnica” para las alternativas

de interés, diseñado para la empresa
Alternativa(s) por implementar que estén disponibles en México
Disponibilidad de tiempo para la implementación de la alternativa
Disponibilidad de personal y equipo (por parte de la empresa) necesario para la implementación de la alternativa
Resultado global del diagnóstico realizado a la empresa
Compromiso para permitir la divulgación de los resultados obtenidos
Precisión del número de proyectos a ejecutar
Ubicación de sitios y alternativas
Elaboración de planes de asistencia técnica

b) Selección de criterios para la elaboración de diagnósticos de las empresas participantes.

Caja 2. Criterios para la elaboración de diagnósticos de empresas participantes en proyectos piloto

Características físicas de las instalaciones donde es empleado el bromuro de metilo
Productos almacenados tratados con bromuro de metilo
Especies de plagas presentes
Frecuencia de fumigaciones
Cantidades consumidas de bromuro de metilo
Comprobación del uso de bromuro de metilo
Métodos de aplicación de bromuro de metilo
Otras medidas de control de plagas
Recomendaciones de operación para la aplicación de alternativas individuales o combinadas
Sistemas y equipos de seguridad personal utilizados en aplicaciones de bromuro de metilo
Área representativa de la empresa donde se aplicará alguna alternativa sustituta al bromuro de metilo
Alternativas de interés
Requerimientos técnicos y necesidades de modificación física de las instalaciones para la aplicación de la alternativa de interés
Compromiso de la empresa para eliminar el uso de bromuro de metilo en el área de aplicación del tratamiento alternativo

Efectos colaterales y riesgos potenciales de la alternativa empleada en cada proyecto piloto

Personal

c) Elaboración de diagnósticos y planes de asistencia técnica.

Caja 3. Diseño de diagnósticos y planes de asistencia técnica

Descripción de la alternativa seleccionada, sus antecedentes y forma de manejo
Objetivo del proyecto piloto en función de los intereses de la empresa seleccionada y su entorno.

Descripción de actividades a realizar

Metodología de aplicación de la alternativa

Requerimientos de equipos para el monitoreo de efectividad

Descripción de bioensayos

Acciones que deberán realizarse para la instalación física de la alternativa.

Descripción procesamiento estadístico de datos

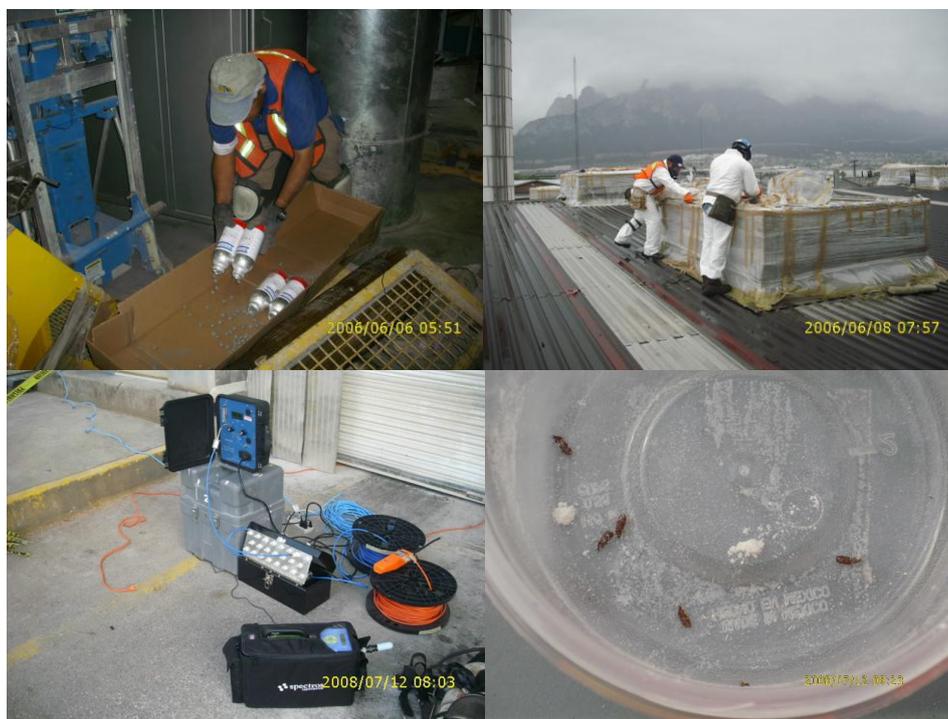


Figura 3. Equipo y asistencia técnica en Palmex Alimentos y Molino San Andrés

Con base en estos criterios, se elaboraron 15 diagnósticos; 12 planes de asistencia técnica y 10 proyectos piloto.

Los proyectos piloto mostraron la viabilidad de las alternativas para el combate de plagas en estados larvarios y adultos de especies como *Tribolium castaneum*; *Plodia interpunctella*; *Sitophilus zeamais*; *Sitophilus oryzae*, *Sitotroga cerealella*; *Oryzaephilus surinamensis*; *Criptolestes* spp; *Lasioderma* spp; *Ephestia* spp; *Rizopertha dominica*; *Tribolium* spp y Anóbidos y Derméstidos de los grupos Tenebrionidae, Anobiidae y Dermestidae)

Los procedimientos pusieron de relieve la importancia de las buenas prácticas de fumigación, de las que depende no solo la eficacia de las sustancias y métodos, sino también la seguridad laboral y ambiental.

Caja 4. Resultados del uso de fosfina y fosfina con bióxido de carbono en proyectos piloto

Gamesa	Tablex Miller
<p>La aplicación de fosfuro de magnesio más bióxido de carbono (CO₂) es una alternativa al bromuro de metilo, ya que muestra excelentes porcentajes de mortalidad sobre las plagas de harinas y granos almacenados; es una práctica económica, segura y de menor impacto al medio, que requiere un menor tiempo para su implementación en estructuras cerradas.</p> <p>El efecto de la dosis sobre el porcentaje de mortalidad en los tratamientos con fosfina fue muy adecuado comparado con los porcentajes de mortalidad mostrados por el testigo.</p>	<p>La efectividad del tratamiento con fosfina más bióxido de carbono es alentadora para la industria alimentaria. En este ensayo mostró muy buen control de plagas primarias en granos almacenados como <i>Tribolium</i> spp. y <i>Rhizopherta</i> spp., con una efectividad hasta el 100%</p> <p>Los porcentajes de mortalidad obtenidos para estos insectos con este tratamiento fueron similares a los obtenidos con bromuro de metilo. Se confirmaron beneficios adicionales como: fácil manejo; seguro, menor tiempo de implementación, menor costo y menor impacto ambiental. Sin embargo, otras opciones deben de ser evaluadas, considerando que el bióxido de carbono es un gas que ocasiona el efecto invernadero en la atmósfera.</p>
Palmex Alimentos, S.A. de C.V.	
<p>El nivel de control de la fosfina sobre plagas de los géneros <i>Tribolium</i> y <i>Lasioderma</i> fue, en todos los casos, de 100% de mortalidad. Se mostró que la eficacia del producto va</p>	

acompañada de un buen método de aplicación que permita su distribución en todas las áreas fumigadas.

Caja 5. Resultados del uso de feromonas en proyectos piloto

Las trampas con feromona sexual de tipo multiespecie son de utilidad para la captura de plagas de almacén de las especies *Plodia interpunctella* y *Sitophilus granarius*.

Las trampas tipo Delta con feromona sexual funcionaron de manera aceptable para el monitoreo de las especies plaga de almacén *Plodia interpunctella* y *Sitophilus granarius*.

Las trampas con feromona sexual múltiple fueron de utilidad para la captura de *Plodia interpunctella* como especie predominante en las áreas de silos, envase de féculas y área de sacos en reproceso.

Las trampas tipo Delta con feromona sexual múltiple tuvieron un efecto de reducción en la población de *Plodia interpunctella* al cabo de 4 semanas.

Caja 6. Resultados del uso de fluoruro de sulfurilo y FS más bióxido de carbono

Museo Regional de Guadalajara

El fluoruro de sulfurilo es una alternativa prometedora en colecciones de museos que contienen material inorgánico y biológico. La sustancia mostró muy buen control de adultos de plagas primarias de *Tribolium* spp., Anobidos y Derméstidos. Los porcentajes de mortalidad obtenidos con este tratamiento son similares a los obtenidos con bromuro de metilo

BIDASEM

El fluoruro de sulfurilo tuvo resultados del 100% de mortalidad sobre *Rhyzopertha dominica* y *Sitophilus granarium*.

COPANAC

Niveles de 100 % de mortandad sobre *Sitophilus* spp., *Oryzaephilus* spp., *Tribolium* spp., y *Cryptolestes* spp., con el uso de fluoruro de sulfurilo

DESTILAMEX

Alta efectividad biológica. Porcentaje de mortandad de 100 sobre *Sitophilus* spp., *Oryzaephilus* spp. y *Cryptolestes* spp., en todos los sitios de aplicación.

Servicios Agropecuarios de la Costa

Alta efectividad del fluoruro de sulfuro en el control de *Sitophilus* spp., *Rhyzopertha* spp. y *Tribolium* spp., con niveles del 100 % de mortalidad.

Molino San Andrés

Efectividad de regular a baja con aplicación del fluoruro de sulfuro con bióxido de carbono, especialmente con adultos de plagas del género *Tribolium*.

Los resultados de estos proyectos piloto orientaron la siguiente etapa.

2.3 Talleres de capacitación y difusión 2010

Durante 2010 se llevaron a cabo cuatro talleres: dos de capacitación (demostrativos) y dos de difusión de alternativas. Los dos primeros se realizaron en Navojoa, Sonora, el 5 de febrero en las instalaciones de la empresa facilitadora Tablex Miller, y el segundo en Celaya, Guanajuato el 22 de abril, en las instalaciones de la empresa Molinera México, S.A de C.V. Los Talleres de Difusión se llevaron a cabo en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, el 19 de febrero y en la Ciudad de Acapulco, Guerrero, el 27 de mayo, en el marco del XXVI Congreso Nacional de Controladores de Plagas Urbanas, en el que se dedicó un día al Panel sobre el Plan Nacional de Eliminación del Consumo de Bromuro de Metilo en México 2008-2013.

Resultados

Tanto los talleres de difusión como en los Proyectos Piloto para la Aplicación de Alternativas al uso del Bromuro de Metilo en la Fumigación de Estructuras mostraron la viabilidad técnica de las alternativas con elevados porcentajes de mortalidad de plagas en estructuras fumigadas. Sin embargo, en estos eventos se advirtió también que el convencimiento del uso de sustitutos apropiados del bromuro de metilo continuaba siendo un reto en las tareas subsiguientes por la generalizada percepción del carácter del bromuro de metilo como fumigante de amplio espectro y resistencias al cambio de una sustancia tan conocida.

Tabla 3. Talleres de información y demostración 2010

Talleres de información y demostración 2010		
Sede	Alternativas/temas	No. participantes
Navojoa	Fluoruro de sulfurilo, feromonas y fosfina	84
Celaya	Fluoruro de sulfurilo, feromonas y fosfina	90
Talleres de difusión		
Monterrey	Trampeo y uso práctico de feromonas; Tratamiento de calor en plantas procesadoras, naves y almacenes; Experiencias con alternativas al bromuro de metilo; Fundamentos de toxicología aplicados a los plaguicidas fumigantes; Identificación de insectos comunes en productos almacenados en México; Aspectos técnicos sobre el uso y aplicación del fluoruro de sulfurilo como sustituto al uso de bromuro de metilo para la fumigación de almacenes y silos y, gasificadora de fosfina: nueva alternativa al uso del bromuro de metilo.	80
Acapulco	Uso y manejo del fluoruro de sulfurilo; uso y manejo de la gasificadora de fosfina; insectos de productos almacenados y sus feromonas y, tratamiento térmico en estructuras.	100

Los talleres de información, capacitación y difusión de alternativas en el 2010 tuvieron una amplia convocatoria y capacidad de respuesta y se orientaron al mayor número posible de fumigadores de almacenes de granos y alimentos; importadores y distribuidores de plaguicidas; prestadores de servicios de control de plagas; supervisores de sanidad, consumidores; directivos y personal técnico de plantas procesadoras de alimentos y almacenaje.



Figura 4. Talleres de difusión en Monterrey y Acapulco

En todos los talleres se aplicaron encuestas para conocer la percepción de los asistentes así como para tener indicadores de desempeño de los propios talleres. En forma sumaria los resultados mostraron lo siguiente³:

- En términos generales, los usuarios y aplicadores conocen los compromisos adquiridos por México para la eliminación del consumo de bromuro de metilo ante el PM y saben que no habrá disponibilidad en el futuro.
- Afirmaron saber que el BM causa daños a la salud y por esta razón optarían por las alternativas mostradas. Sin embargo, los actores no perciben claramente que el adelgazamiento de la capa de ozono sea un problema directo o que en todo caso su protección es un bien difuso y poco claro en el plazo inmediato.
- Las principales desventajas percibidas para sustituir el BM fueron el costo de las alternativas y la dificultad para conseguir otras sustancias como el fluoruro de sulfurilo. La necesidad de contar con buenos métodos de control de plagas (económicos, de alto poder biocida, de fácil disponibilidad, etc.) parece ser la principal preocupación entre los prestadores de servicios, aplicadores, distribuidores y consumidores.
- La mayoría de los actores se inclinó por el uso de métodos combinados de fumigación con el uso de feromonas y alguna otra de las alternativas mostradas.
- Los principales retos identificados para la eliminación del consumo de BM se vincularon con la necesidad de difusión, asesoría y capacitación técnica para el uso de alternativas, así como con la disponibilidad de acceso a éstas. Estos resultados se advirtieron como un buen indicador de que la estrategia para la instrumentación de proyectos de inversión, antecedida y acompañada por talleres demostrativos y de difusión, estuvo orientada en el camino apropiado para atender las inquietudes del sector de fumigación en estructuras.
- La respuesta a las convocatorias de participación en todos los talleres fue amplia. En todos los casos los participantes confirmaron la utilidad de los talleres y la posibilidad que tuvieron de aprender algo nuevo.

³ Los resultados extensos pueden consultarse en los anexos VI, VII, VIII y IX



Figura 5. Demostración del empleo de feromonas, tratamiento con fluoruro de sulfuro y fosfina

III. PROYECTOS DE INVERSIÓN

Los proyectos de inversión corresponden a la fase final de eliminación de BM, y se llevaron a cabo con base en el Acuerdo de Cooperación para la Eliminación Definitiva de Bromuro de Metilo en México en el Sector Estructuras, entre el Ministerio del Medio Ambiente de Canadá y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

3.1 Convenios y donaciones

Como resultado de la estrategia de acción definida en el II Taller de Evaluación y Planeación del PN, el 10 de septiembre de 2010 se llevó a cabo el Taller de Concertación sobre Proyectos de Inversión en la ciudad de Guadalajara. Con el objetivo de lograr la mayor eliminación posible de bromuro de metilo con los recursos disponibles en 2011, se seleccionaron, en primera instancia, empresas fumigadoras (siguiendo el criterio de efectividad de porcentaje de BM eliminado por convenios firmados).

El objetivo de este encuentro fue recabar información sobre el consumo de BM de las empresas invitadas y formalizar cartas de intención como paso preliminar a la firma de convenios definitivos. Con la representación de 17 empresas, se dieron a conocer los antecedentes de los proyectos de inversión para la eliminación del uso de bromuro de metilo en el sector de estructuras; se presentaron los objetivos y alcances del manifiesto de intención y se aclararon los requisitos que debían cumplir las empresas interesadas en la firma de convenios. El resultado fue la firma de siete manifiestos de intención para eliminar el uso de BM por un total de 37.63 toneladas en 2011, y recibir apoyos del proyecto. En el 2012 se firmaron acuerdos adicionales de apoyo y eliminación de bromuro por 6.66 toneladas.

Tabla 4. Bromuro de metilo a eliminar por convenio 2011-2012

Empresa	Alternativa	BM a eliminar (k)
Pheromones, Services & Supplies. Monterrey	Tratamiento térmico y feromonas	15,000
Fisagemex / Texcoco. Estado de México	FS feromonas	9,000
IFC de México / Monterrey. Nuevo León	FS y feromonas	4,535
Fumigaciones Nava. Navojoa, Sonora	FS, fosfina y feromonas	3,660
BIOSINSA. Monterrey, Nuevo León	FS y feromonas	2,500
Lobo Antitermita. Monterrey	FS y feromonas	1,250
Tablex Miller, S. de R.L. de C.V. Navojoa, Sonora	FS y feromonas	1,693
ADISA (Agroservicios Dinámicos Integrales, S.A.	FS y Tratamiento térmico	1,700
TERMINIX International	Fosfina y FS	2,560
CCP de Juárez, S.A., de C.V.	Tratamiento térmico, fosfina y feromonas	2,400
Kilogramos a eliminar en 2011-2012		44,298

En la Tabla 5 se presenta el monto de la donación de equipos, materiales y sustancias (especificaciones en Anexo XI).

Tabla 5. Donaciones 2011

Empresa	Valor de la donación (dólares EEUU)
Pheromones, Services & Supplies. Monterrey	34,683
Fisagemex / Texcoco. Estado de México	29,485
IFC de México / Monterrey. Nuevo León	24,850
Fumigaciones Nava. Navojoa, Sonora	26,779
BIOSINSA. Monterrey, Nuevo León	14,349
Lobo Antitermita. Monterrey	7,641
Tablex Miller, S. de R.L. de C.V. Navojoa, Sonora	21,232
ADISA (Agroservicios Dinámicos Integrales, S.A.	
TERMINIX International	
CCP de Juárez, S.A., de C.V	

3.2 Instalando capacidades locales para el uso de alternativas

Una vez definida la elección de alternativas viables y la firma de acuerdos para la sustitución del bromuro de metilo por estas alternativas por usuarios-beneficiarios del Plan Nacional, se identificaron necesidades concretas de capacitación que dieron lugar a las siguientes actividades:

- Capacitación para la habilitación en el uso y manejo de los equipos de medición del fumigante fluoruro de sulfuro a los depositarios de las donaciones del Plan Nacional, para lograr un máximo de seguridad en los procedimientos de aplicación y seguridad de los aplicadores y su entorno (Monterrey, N.L., 20 y 21 de febrero de 2012).
- Capacitación en el uso y manejo del generador de fosfina diseñado y producido por la empresa Beijing Liangmao Technology Development Co. Ltd. a los receptores de estos equipos en donación en las

instalaciones de la Almacenadora Contri en Cuautitlán Estado de México. Septiembre de 2011).

- Entrenamiento en tratamiento térmico del experto en fumigaciones del Plan Nacional en los EEUU.

IV. MONITOREO

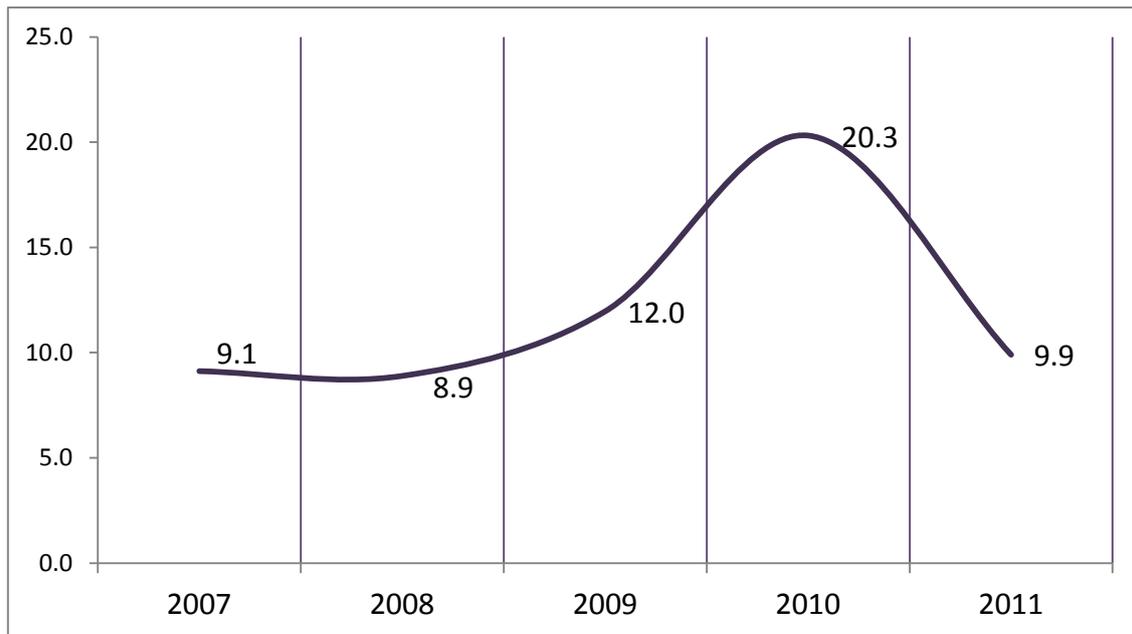
La eliminación del consumo de BM depende de dos tipos de variables: las que resultan de la de gestión del PN y variables externas sobre las cuales el PN no tiene control. Estas últimas incluyen situaciones como la continuación del uso de bromuro de metilo en países competidores comerciales de México, costos más elevados de las alternativas que el empleo de BM y prácticas de fumigación deficientes que resulten en baja eficacia de las alternativas. Sobre los indicadores de impacto del PN se tienen los siguientes resultados:

4.1 Variación del volumen importado

El volumen importado responde a las cuotas autorizadas año con año. En 2009 se registró la primera reducción en la importación del BM para usos controlados. De los 1, 324,000 kg autorizados, solo se importaron 1, 242,340 kg de los cuales el 1.2% fue empleado para la fumigación de estructuras y almacenes (12,005 kg). En 2010 el consumo⁴ total fue de 1,103.90 kilos, de los cuales 20,335 (1.84%) se utilizaron en el sector estructuras.

El menor consumo de 2007 a 2011 se registró en el año 2008, lo que pudo haber sido influenciado por la crisis económica de los Estados Unidos que se reflejó en una disminución de importaciones a México.

⁴ El Protocolo de Montreal define el consumo de una sustancia como el resultado de la producción nacional, más las importaciones realizadas por el país, menos las exportaciones (Consumo = Producción + Importación – Exportación).



Gráfica 2. Variación del consumo de BM en el sector estructuras (toneladas métricas/año)

Aunque el volumen autorizado disminuyó considerablemente desde el 2009, en el sector estructuras el uso creció en el bienio 2009-2010 y decayó notablemente en 2011, como se observa en la gráfica anterior.

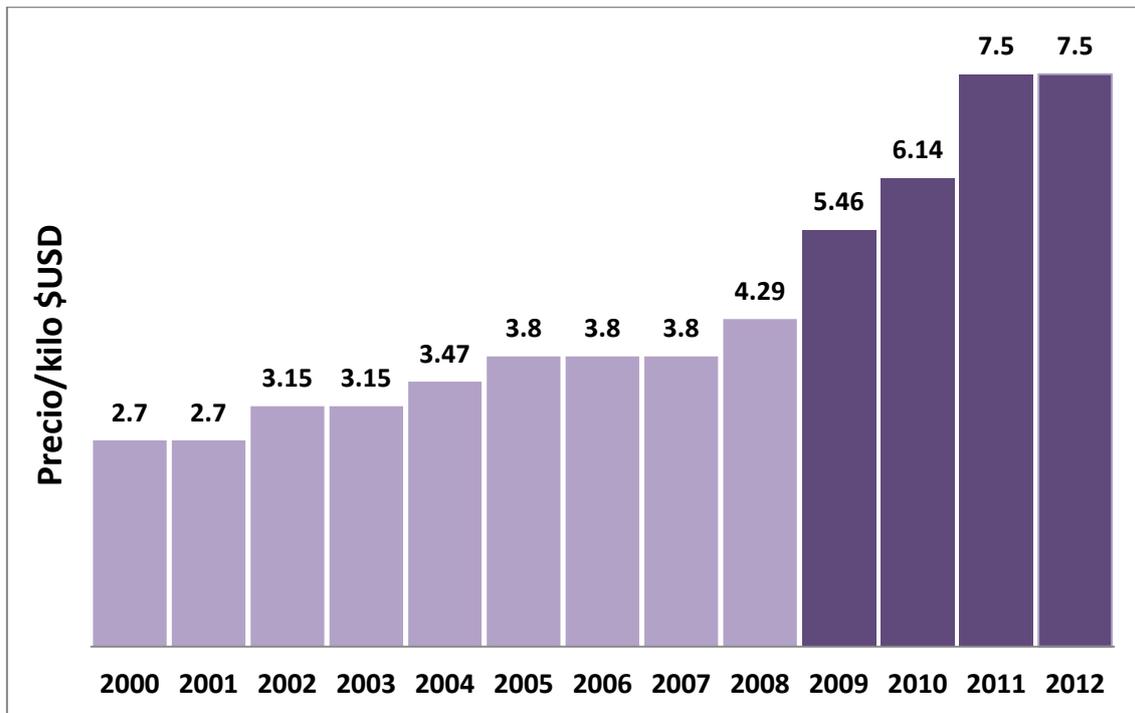
4.2 Costo del bromuro de metilo

La tendencia mundial del costo de BM está relacionada con las regulaciones para su uso y los principios de oferta-demanda. Mientras hubo disponibilidad, el precio fue incremental durante muchos años. En ocho países de la Unión Europea, el precio promedio se incrementó 38% entre 1988 y 1991⁵.

Bajo este esquema, el supuesto inicial del Marco Lógico del PN fue que el costo del bromuro de metilo en México subirá consistentemente a partir de la disminución de las cuotas autorizadas de importación que implican menor

⁵ European Commission. 1999. Information supplied by Member States on the Production and Consumption of Methyl Bromide. European Commission database.

disponibilidad para los usuarios. El supuesto parece confirmarse si se considera que durante ocho años (2000-2008), el precio promedio del kilo de BM fue de 3.42 dólares, mientras de 2009 (año en que inició la primera reducción en la importación del BM para usos controlados) a la fecha, el costo promedio ha sido de 6.65 USD/k, es decir, prácticamente el doble de los ocho años anteriores.



Gráfica 3. Precio del BM/kilo (USD)

4.3 Consumo y eliminación

Si se toma como referencia el periodo 2007-2010, el uso total en el sector estructuras fue de 50.33 toneladas, lo que significa que con los convenios signados en 2011 y 2012 se logró el compromiso de **eliminación del 87.9 %** de bromuro de metilo **consumido en cuatro años en el sector estructuras**.

4.4 Eficacia de las alternativas

Aunque la eficacia biocida de las alternativas aceptadas por los usuarios ha sido ampliamente probada y muchos años de investigación han permitido conocer las diferencias y similitudes entre el BM y el FS en cuanto a las condiciones de preparación, la cantidad de gas que debe usarse en áreas determinadas; el efecto de la temperatura, los tiempos de exposición, y la respuesta de uno y otro en la eliminación de plagas en sus diferentes etapas de

crecimiento, entre otros temas, también es cierto que una deficiente preparación de los espacios a tratar y fallas durante el proceso de fumigación contribuyen a tener resultados poco exitosos en el uso de las alternativas.

Una opinión generalizada de los talleres de información fue que no existe *un* solo procedimiento absolutamente efectivo para todas las condiciones (regiones climáticas, tipos de plagas, tipos de instalaciones), por lo que la respuesta parece ser la combinación de métodos de control. La respuesta a esta percepción es que todas las empresas que firmaron convenios para la eliminación de BM optaron por el empleo de feromonas junto con otros métodos de control de plagas (fosfina, fluoruro de sulfuro y tratamiento térmico).

El uso de feromonas parece apropiado en tanto se basa en la reproducción de mecanismos de estimulación química de individuos de la misma especie que suceden naturalmente en el mundo de los insectos, lo que las convierte en herramientas de bajo impacto. Existe además una amplia variedad de feromonas para usos específicos y tipos de insectos (de vida corta, de vida larga), y actualmente se desarrollan nuevos tipos. Aunque el uso de feromonas no es tan eficaz en el control de poblaciones grandes, el trampeo por medio de feromonas es una pieza clave en el rompecabezas de combate de plagas, ya que permite el monitoreo de poblaciones y ayuda a evaluar el efecto de los tratamientos.

Otros aspectos relevantes ligados a la percepción de beneficios en el empleo de alternativas al BM son ahorros en mano de obra y en el logro de resultados esperados con dosis menores a las empleadas convencionalmente con BM, así como la toxicidad y riesgo para trabajadores y aplicadores.

Por estas razones, el componente de asistencia técnica del Plan Nacional incluye el acompañamiento en las primeras fumigaciones con el empleo de alternativas para las cuales se otorgaron equipos y materiales. Esto supone que el Plan Nacional no se limita a las donaciones sino también, a la

verificación del buen uso de los equipos y materiales donados y a la búsqueda de mejores prácticas de fumigación en el sector estructuras.

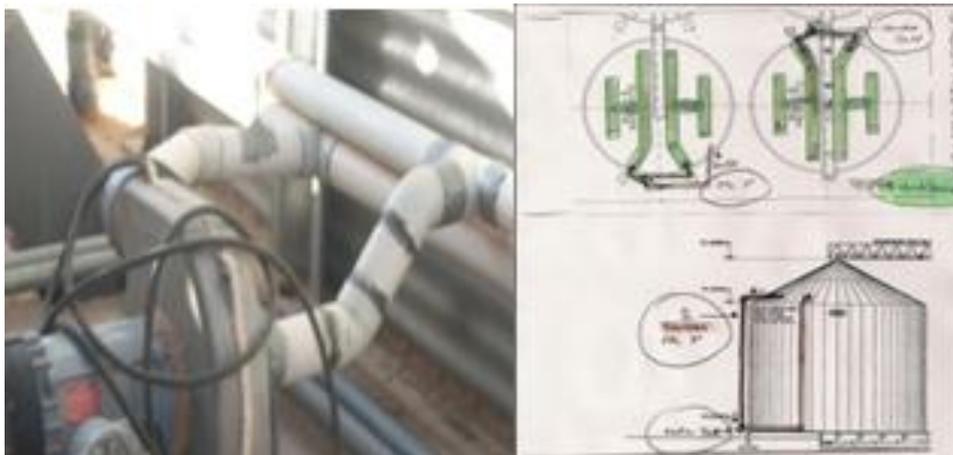
Para verificar la eficacia de las alternativas, el uso apropiado de equipos y los procedimientos de tratamiento se elaboró un Protocolo de Monitoreo (Anexo VIII) a emplear en las fumigaciones asistidas. El PM está diseñado para atender 10 ítems:

- Datos generales de la empresa y del responsable técnico de la fumigación
- Descripción del material a fumigar
- Tipo de fumigación
- Descripción del emplazamiento de operación
- Preparación del sitio
- Lista de equipo, materiales y verificación de estado
- Procedimiento de aplicación
- Aireación del sitio fumigado y desactivación del fumigante
- Resultados de los bioensayos
- Atención de emergencias

4.5 Fumigación asistida con fluoruro de sulfurilo

Con los equipos donados a la empresa Tablex Miller en Navojoa, Sonora, se llevó a cabo en el 2011 la primera fumigación asistida con el empleo de Fluoruro de Sulfurilo (FS) bajo la supervisión y comprobación de uso y manejo de los estándares de aplicación internacionales y el uso de equipos de medición de concentración en un programa periódico de lecturas, en el que se usaron equipos de detección y concentración que permitieron la reentrada al personal laboral sin riesgo de residuos en el recinto tratado con el fumigante.

Se fumigó un volumen de 13,500 m³ en cuarto de motores, soplantes, esclusa de silos, nodriza, dosificadores, sistemas purificadores, cuartos de control, roscas de sémola y salvado, registros eléctricos y ventiladores, en sótano y cinco pisos (incluyendo planta baja).



Mangueras de fluoruro de sulfurilo y área de fumigación

El empleo del fluoruro de sulfurilo mostró 100% de eficiencia en el control de las tres especies de plaga objetivo: *Cryptolestes spp.*, *Rizopertha dominica* y *Tribolium spp.*

Mediante la aplicación del Protocolo de Monitoreo se verificaron las condiciones de preparación del área a fumigar, la disponibilidad de materiales y equipos, el proceso de fumigación; el registro de bioensayos y condiciones de seguridad, con lo que el PN fortalece la aplicación de buenas prácticas en el empleo de alternativas del bromuro de metilo.

La aplicación fue asistida por el especialista en fumigaciones del proyecto, quien participó en las labores previas de acercamiento con las empresas, preparación logística, traslado de equipos y materiales, compra de sustancias e insumos y acondicionamiento en los sitios para la fumigación.

4.6 Introducción de una nueva tecnología en México: tratamiento térmico

El empleo de tratamiento (HT por sus siglas en inglés) tuvo lugar del 28 de Diciembre del 2011 al 03 de enero del 2012, en las instalaciones de Molinera México en Celaya, Guanajuato, donde se fumigaron ocho pisos de estructuras de almacenamiento y molienda de granos.

Esta fumigación fue especialmente significativa porque por vez primera se aplicó en México esta tecnología, lo cual fue posible gracias a la capacitación

previa del consultor del proyecto en los Estados Unidos, y a la donación de equipos como parte del Plan Nacional.

En el proceso completo, que inició con el traslado del equipo hasta el fin de la fumigación y el análisis de resultados con los directivos y operadores de la empresa Molinera de México S.A. de C.V. del Grupo Gruma, fue acompañado por César Altamirano, consultor en fumigación SEMARNAT-ONUDI y los técnicos contratados de la empresa Temp-Air (que cuenta con 45 años de experiencia y personal altamente calificado), dirigidos por el PhD. Raj Hulasare, una de las personas más reconocidas en este campo, quien ha colaborado con el PN en los talleres de capacitación (informe completo en Anexo XII).

Esta alternativa al uso de fumigantes químicos mostró ser viable, y eficaz, con 100% de mortalidad de la plaga objetivo, *Tribolium castaneum*. La participación directa de los técnicos de la planta fue de la mayor importancia para mejorar el proceso en futuros tratamientos. Con ellos se discutieron aspectos operativos como la distribución de un número suficiente de ventiladores para mantener un buen flujo del aire caliente y obtener temperaturas letales homogéneas, y la necesidad de tener un vaporizador adicional de propano para aumentar el alcance del tratamiento y reducir el tiempo del proceso, entre otras lecciones aprendidas que ayudarán a mejorar el uso de la tecnología en el futuro.

Se analizaron también otros beneficios del HT que normalmente no son cuantificados en dinero pero que repercuten en las inversiones de control, como el hecho de que pueden aplicarse sin necesidad de evacuar al personal, limitar su circulación o paralizar la totalidad de actividades de las estructuras donde se aplican, ya que no incluye el uso de sustancias químicas que pudiesen ser adversas para los aplicadores y el medio ambiente.



Figura 6. Acondicionamiento del equipo de tratamiento térmico

Junto con la promoción del empleo de feromonas, el tratamiento con calor fomentará la combinación de métodos y *prácticas verdes* de control de plagas, lo que representa un avance hacia la adopción de mejores prácticas de fumigación en México.

V. DIFUSIÓN

Las actividades de difusión se orientaron, en una primera etapa a ampliar el universo de usuarios conocedores del PN, sus alcances, objetivos y estrategias, así como a la divulgación de los resultados obtenidos en la prueba de alternativas como base para el convencimiento de sus beneficios. Para esto se utilizaron materiales y medios de difusión impresos y electrónicos:

- Brochure con los resultados de los diez proyectos piloto (Anexo XIII). En este documento se describen los procedimientos de prueba, las estructuras fumigadas, bioensayos; equipos, sustancias y materiales empleados, así como los resultados de efectividad en cada caso).
- Tríptico con descripción de alternativas seleccionadas (Anexo XIV).
- Diseño y publicación del sitio web. Link: <http://sissao.semarnat.gob.mx>
- Integración de datos sobre consumo nacional ponderado y potencial de agotamiento del BM a la página del Sistema Nacional de Indicadores

Ambientales (Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental en México⁶).

En la segunda etapa la difusión fue dirigida hacia los actores directamente relacionados con los proyectos de inversión:

- Fumigación en las instalaciones de la empresa Tablex Miller (24 de abril de 2011).
- Taller de capacitación para la aplicación de FS (del 22 al 24 de agosto) en la empresa Contry, con instructores de la empresa Beijing Liangmao Technology de China y la participación de representantes de 12 empresas de siete entidades.
- Entrega simbólica de equipos a las siete empresas que firmaron convenios de eliminación de BM y sujetas a donación de equipos y sustancias en 2011. Con la firma de estos convenios se concretó la eliminación de casi 40 toneladas de BM en el sector de almacenaje.



Figura 7. Entrega de equipos, agosto de 2011

Entrega simbólica de equipos en Cuautitlán, Estado de México (agosto 25 de 2011) con la participación de Mauricio Limón Aguirre, Subsecretario de Gestión para la Protección Ambiental, Kai Bethke, Representante de la Organización de las Naciones Unidas para el

⁶ Disponible en:

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/indicadores_2010_web/indicadores_2010/conjunto_basico/10.100.8.236_8080/ibi_apps/01_atmosfera/indicador_1_3-2.html

Desarrollo Industrial (ONUDI) en México y Jefe Regional para América Central y el Caribe; Ana María Contreras Vigil, Directora General de Gestión de la Calidad del Aire y RETC de la Semarnat, Oscar Neave, Director de Grupo Contri y representantes de las empresas comprometidas con la eliminación del BM.

La UPO mantiene la actualización de los datos de eliminación de bromuro de metilo en el Sistema Nacional de Indicadores Ambientales y, el mini sitio web disponible en la página web: <http://sissao.semarnat.gob.mx/>

VI. IMPACTO DEL PROYECTO EN LA PROTECCIÓN A LA CAPA DE OZONO

La proporción de bromuro de metilo liberado a la atmósfera en la fumigación de estructuras varía enormemente por las formas de uso (tipo de volumen fumigado, presión del gas, tipo de estructuras, etc.), así como por las condiciones ambientales locales al momento de su aplicación, lo que hace difícil tener valoraciones homogéneas de la liberación. Sin embargo, se sabe que en los esfuerzos para eliminar la liberación de las Sustancias Agotadoras del Ozono (SAOs), cada tonelada cuenta. En este sentido, el impacto de la eliminación de CH₃Br es particularmente importante porque la liberación de sus átomos se produce rápidamente.

De acuerdo a los índices internacionalmente usados para medir el Potencial Destructivo del Ozono (ODP) de las diferentes Sustancias Agotadoras del ozono (SAOS), se tiene que la eliminación de 44.23 toneladas de bromuro de metilo y su reemplazo por otras alternativas químicas y no químicas de fumigación en el sector estructuras durante el 2011 y 2012 representa la eliminación de 26.53 toneladas de emisiones con capacidad de destrucción en la ozonósfera (resultado de la multiplicación de 37.6 toneladas eliminadas por el índice 0.6, valor de ODP para el bromuro de metilo).

VII. LECCIONES APRENDIDAS Y TAREAS PENDIENTES

El empleo del bromuro de metilo para la fumigación de estructuras ha sido una práctica muy arraigada en México. A pesar de representar ciertos riesgos para la salud humana, los usuarios están convencidos de su versatilidad y efectividad. Su bajo costo, comparativamente con otros métodos de fumigación, se suma a la preferencia por este fumigante. Estas condiciones plantearon el primer reto del Plan Nacional: vencer la resistencia al cambio.

En este sentido, los talleres iniciales de difusión y capacitación y los proyectos piloto para la evaluación de alternativas como fosfina, fluoruro de sulfurilo y feromonas, contribuyeron a demostrar que era posible tener opciones eficaces para la fumigación de estructuras.

La amplia participación de técnicos y fumigadores con preguntas técnicas muy concretas en estos eventos, y el acompañamiento de los expertos nacionales e internacionales, abrió las expectativas en el sector de fumigación de estructuras.

Lección 1. Los proyectos demostrativos sobre las alternativas lograron el objetivo de mostrar que efectivamente existen opciones técnicas para reemplazar al bromuro de metilo.

En todos los talleres y acercamientos con el sector de fumigación de estructuras de almacenaje se realizó una presentación que incluía con temas como la importancia de la capa de ozono; las sustancias que provocan su adelgazamiento; los objetivos del Protocolo de Montreal; los compromisos de México ante el Protocolo y los objetivos del Plan Nacional. Estas presentaciones junto con la disminución de las cuotas de importación de bromuro, promovieron el interés del sector por conocer, en primera instancia, las opciones posibles de reemplazo del bromuro de metilo. Sin embargo persistía la preocupación por el costo de las alternativas y la dificultad para

conseguir otras sustancias como el fluoruro de sulfurilo. De aquí, el segundo reto del Plan Nacional: promover alternativas para el reemplazo del bromuro de metilo que verdaderamente cumplieran los supuestos iniciales: que fuesen técnica, ambiental y económicamente viables.

Lección 2. Difundir de manera temprana los compromisos de México ante el Protocolo de Montreal y sus consecuencias en términos de no disponibilidad futura de bromuro de metilo, fue el principal motor para atraer la atención del sector de fumigación de estructuras hacia el Plan Nacional.

Una vez que se logró informar al público objetivo sobre las metas y alcances del Plan Nacional, la decisión de focalizar los esfuerzos hacia el sector que presta servicios de fumigación tuvo dos repercusiones positivas: mayor eficacia en el uso de los recursos financieros disponibles para asesoría técnica y equipos (relación entre inversión/volumen de bromuro de metilo a eliminar) y, una especie de *publicidad* natural sobre la credibilidad del Plan, derivada de la firma de los primeros acuerdos de eliminación y apoyo con este sector.

Lección 3. El factor económico, tiene el mayor peso en la decisión para aceptar o no, reemplazos al bromuro de metilo. La donación de equipos, materiales y sustancias necesarias para el uso de alternativas fue el principal aliciente para lograr la eliminación paulatina del bromuro de metilo en México. El interés por uno de los métodos más costosos (tratamiento térmico) es prueba de ello.

En las varias encuestas levantadas los participantes afirmaron saber que el adelgazamiento de la capa de ozono causa daños a la salud, y que el bromuro de metilo participa en ello, pero su interés concreto versó sobre aspectos técnicos y económicos de las alternativas. Al parecer, los actores involucrados no perciben claramente que el adelgazamiento de la capa de ozono sea un problema que puede afectar directamente la salud humana o la supervivencia de otras formas de vida.

Lección 4. Los usuarios y actores involucrados en el control de plagas y fumigación de estructuras no vinculan el efecto del adelgazamiento de la capa de ozono como un problema propio o como un problema ambiental y de salud humana que pueda afectarlos directamente.

Un interés recurrente en los diversos foros técnicos fue el manejo integrado de plagas, mismo que fue verificado con la aceptación de las feromonas como método paralelo a Este tema, junto con las experiencias obtenidas con la introducción de protocolos de monitoreo en las fumigaciones asistidas, puede convertirse en una oportunidad para adoptar prácticas de fumigación más seguras para las personas y más amigables con el medio ambiente.

Lección 5. México tiene grandes oportunidades de avanzar en la adopción de buenas prácticas de fumigación que incluyan controles más rigurosos de seguridad y menos impacto ambiental.

Tareas pendientes

Lograr la eliminación definitiva de cerca de 45 mil kilogramos de bromuro de metilo implicó un gran esfuerzo y una enorme inversión de tiempo, talentos y dinero, tanto para México como para los países donantes. La responsabilidad del país no debe terminar con el cumplimiento de sus compromisos hacia el exterior. Es altamente recomendable desplegar iniciativas internas para aprovechar y consolidar los logros obtenidos hasta el momento a través del Plan Nacional. De aquí, se desprenden algunas recomendaciones:

1. Fortalecer el manejo integrado de plagas como una opción ambientalmente deseable, que ayude a disminuir el uso de sustancias químicas de cualquier tipo.
2. Establecer mecanismos para continuar el acompañamiento técnico con las empresas receptoras de equipos y materiales del Plan Nacional, para evitar que estos se conviertan en elefantes blancos y caigan en desuso o abandono (pueden ser acuerdos voluntarios).

3. Comparar los costos de fumigación con bromuro de metilo contra el costo de fumigación con las alternativas promovidas para verificar si se cumplió el supuesto de *alternativas económicamente viables*. Esta información servirá de línea base para quienes ya usan las alternativas como para quienes tendrán que hacerlo en el futuro cercano.
4. Dar seguimiento a los resultados de las investigaciones sobre el efecto del fluoruro de sulfurilo en el fenómeno de cambio climático para evitar *tapar un hoyo y generar un invernadero*.
5. Monitorear la resistencia de plagas a las sustancias alternativas: fosfina y fluoruro de sulfurilo, para verificar si se cumplió con el supuesto de *alternativas técnicamente viables*.
6. Utilizar lo que se sabe sobre el impacto del adelgazamiento de la capa de ozono como pretexto para que los actores relacionados con la fumigación de estructuras interioricen el hecho de que los problemas ambientales ocasionados por las actividades humanas (incluyendo aquéllos que se presentan en la estratósfera), nos afectan de una u otra forma y tengan mayor disponibilidad a participar en las soluciones posibles.

ANEXOS

Anexo I. Marco Lógico del proyecto

Anexo II. Sistema de monitoreo

Anexo III. Memorias del Taller de Planeación Guadalajara, 2008

***Anexo IV. Memorias del Taller de Evaluación y Planeación
Zacatecas, 2010***

***Anexo V. Memorias del Taller de Evaluación y Planeación,
Oaxaca, 2012***

***Anexo VI. Reporte del Taller de Capacitación, Navojoa. Sonora,
2010***

***Anexo VII. Reporte del Taller de Capacitación. Celaya, Gto.,
2010***

Anexo VIII. Reporte del Taller de Difusión. Monterrey, NL. 2010

Anexo IX. Reporte del Taller de Difusión. Acapulco, Gro. 2010

Anexo X. Convenios de colaboración

Anexo XI. Materiales, equipos y sustancias donadas

Anexo XII. Informe sobre tratamiento térmico

Anexo XIII. Brochure proyectos piloto

Anexo XIV. Tríptico descriptivo de alternativas