



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

**Proyectos piloto para la aplicación de alternativas
al uso del bromuro de metilo en la fumigación de estructuras**



**Environment
Canada**



Plan Nacional de Eliminación del Consumo de Bromuro de Metilo en México 2008 - 2013

**Proyectos piloto para la aplicación de alternativas
al uso de bromuro de metilo en la fumigación de estructuras**





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
KARINA PÁEZ GONZÁLEZ**

PLAN NACIONAL DE ELIMINACIÓN DEL CONSUMO DE BROMURO DE METILO



GUILLERMO CASTELLÁ

**JEFE DE LA UNIDAD
DE DISOLVENTES, DESECHOS
TÓXICOS Y FUMIGANTES**

PHILLIPE CHEMOUNY

MANAGER MONTREAL PROTOCOL PROGRAM

CONSULTORES

Ing. César Altamirano Lerma
Consultor Nacional del Proyecto

Ing. Mario Alberto González Velázquez
Especialista en Fumigación

Ing. Pedro Mata Zayas
Especialista en Fumigación

Biól. Hilda Hesselbach Moreno
Especialista en Medio Ambiente

AGRADECIMIENTOS

A las empresas que facilitaron sus instalaciones y personal para el desarrollo de los proyectos piloto:

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

A las empresas que aportaron los equipos y productos químicos aplicados en los proyectos piloto:

Grupo Gamesa, S. de R.L. de C.V.
Tablex Miller, S. de R.L. de C.V.
CP Ingredientes, S.A. de C.V.
Palmex Alimentos, S.A. de C.V.
Dow Agrosociencias de México, S.A. de C.V.
Fisa Gemex, S.A. de C.V.
Agrofum, S.A.
PLAGATROL, S.A. de C.V.

Fotografías de Portada:

1 y 2 - Tablex Miller (Navojoa, Sonora) 2010.
3 - Molinera de México, S.A. de C.V. (Celaya, Guanajuato) 2010.

CONTENIDO

PRESENTACIÓN

I ANTECEDENTES

II DISEÑO DEL PROYECTO

III PROCESO DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

IV ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS PROYECTOS PILOTO SOBRE ALTERNATIVAS AL BROMURO DE METILO

V PROYECTOS PILOTO SOBRE ALTERNATIVAS AL BROMURO DE METILO

VI CONSIDERACIONES FINALES

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

PRESENTACIÓN

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Unidad de Protección a la Capa de Ozono (UPO), tiene a su cargo la implementación de proyectos que contribuyan a mantener la integridad de la Capa de Ozono, para cumplir con los compromisos adquiridos por México ante el Protocolo de Montreal. Este acuerdo internacional, firmado por México en 1987, regula el uso de las sustancias que agotan la Capa de Ozono, a través de la eliminación gradual y obligatoria de su producción y consumo.

Una de estas sustancias es el bromuro de metilo, también conocido como bromometano (CH_3Br), que se emplea como plaguicida para la fumigación de suelos, así como de estructuras de almacenamiento de granos y harinas. México se comprometió a reducir en el año 2005 un 20 % del consumo¹ de esta sustancia, a partir de la línea base establecida (promedio de consumo entre los años 1995 y 1998). Asimismo, nuestro país tiene el compromiso de eliminar totalmente su consumo en el año 2014.

En este contexto, la SEMARNAT implementó el proyecto “Capacitación y Asistencia Técnica para la Reducción del 20 % del Consumo de Bromuro de Metilo en México”, en la fumigación de suelos agrícolas y en estructuras de almacenaje. El proyecto se desarrolló del 2003 al 2008. Incluyó actividades de difusión, capacitación (12 talleres) y asistencia técnica a través del desarrollo de 32 proyectos piloto (22 en suelos y 10 en almacenaje).

El componente de estructuras de almacenaje y materia prima del proyecto se desarrolló de octubre de 2006 a octubre de 2008. En este documento se presentan los resultados de 10 proyectos piloto para la aplicación de alternativas al bromuro de metilo en la fumigación de estructuras, realizados en 10 empresas ubicadas en diferentes ciudades del país.

¹ Consumo = Producción + Importación - Exportación (Protocolo de Montreal).

I ANTECEDENTES

El bromuro de metilo o bromometano (CH_3Br), es una sustancia utilizada para la fumigación de suelos agrícolas, almacenes de granos, harinas y otros productos perecederos, así como en embalajes y sistemas de cuarentena y pre-embarque.

Es muy eficiente como fumigante para el control de numerosos organismos dañinos que se encuentran presentes en los suelos agrícolas (ácaros, nemátodos, hongos, bacterias, virus y malezas), así como para eliminar las plagas de insectos, aves y roedores que dañan los productos almacenados.

En México se utiliza para fumigar suelos en los que se cultiva fresa, frambuesa, tomate, melón, sandía, pepino, pimiento, flores, tabaco y ajo, principalmente. Asimismo, se utiliza para prevenir y controlar plagas en almacenes, molinos, silos, contenedores y barcos.

Se trata de una de las sustancias más dañinas para la Capa de Ozono, junto con otras como las utilizadas en refrigerantes, aerosoles y extintores de incendios (CFC y HCFC). Por lo que la comunidad internacional ha promovido su sustitución con el uso de sustancias y prácticas alternativas.

La Capa de Ozono se encuentra entre 20 y 50 kilómetros sobre la superficie terrestre, protegiéndonos de letales radiaciones solares. Su paulatina destrucción, provocada por la actividad humana, ha constituido un grave problema durante los últimos 40 años, afectando las esferas del medio ambiente, el comercio y el desarrollo sostenible.

Por lo anterior, en 1977 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente inició las acciones para proteger la Capa de Ozono. Estas acciones se concretaron en 1987, con el establecimiento de un acuerdo internacional denominado Protocolo de Montreal. De esta forma, desde 1987 el Protocolo de Montreal regula el consumo de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAO) que nos protege de las radiaciones dañinas del Sol.

La disminución de la capa de ozono conlleva un aumento de las radiaciones ultravioleta de tipo B que llegan a la corteza terrestre. Este aumento de las radiaciones es perjudicial para el hombre ya que aumenta el riesgo de cáncer de piel y la aparición de enfermedades oculares.

Si aumentan estas radiaciones supondría el incremento de la temperatura media de la Tierra, por lo que la utilización del bromuro de metilo, también incide en el calentamiento global.

Para la vegetación, el aumento de las radiaciones de tipo B supone una disminución de la fotosíntesis, ya que la radiación que utilizan las plantas es aquella cuya longitud de onda se encuentra sólo entre 380 y 730 mm.

En 1992 se reconoció oficialmente al bromuro de metilo como una de las sustancias responsables del deterioro de la Capa de Ozono. En 1994, la Enmienda de Copenhague incluyó en el Protocolo de Montreal el control del consumo de esta sustancia y, de esta forma, se iniciaron las acciones para la eliminación gradual y obligatoria de su producción y consumo.

El uso de bromuro de metilo en el comercio internacional de productos sometidos a tratamientos de cuarentena y de pre-embarque, no está sujeto a control por parte del Protocolo de Montreal.

Las alternativas al bromuro de metilo disponibles en México para la fumigación de estructuras son:

Fosfina (PH₃). Gas fumigante de amplio espectro y alta eficiencia, utilizado en productos almacenados, espacios vacíos y en tratamientos cuarentenarios y de pre-embarque. Requiere ser aplicado en espacios herméticos. La fosfina o fosfamina se obtiene a partir de pastillas, tabletas, pellets, placas y granulados de fosfuro de aluminio o de fosfuro de magnesio. Al ser expuestos a la humedad del medio ambiente, se genera una hidrólisis con el desprendimiento de fosfina en forma de gas.

Fosfina (PH₃), más otros gases. Muestra una alta eficiencia mezclada con gases como CO₂. Mientras que se requieren por lo menos 500 ppm de fosfina para producir una mortalidad del 100 %, al agregar a la fosfina el CO₂ en concentraciones de entre el 3 % y el 5 %, se reduce la necesidad de aplicar altas concentraciones de fosfina, con ahorros sustanciales del fumigante.

Fluoruro de Sulfurilo (FS). Plaguicida o fumigante gaseoso aprobado para el uso en productos alimenticios y estructuras. Requiere de aplicación en ambientes herméticos y con control computarizado de dosificación

en monitoreo constante. Gas de amplio espectro no corrosivo, de buena penetración, no genera residuos, requiere de menos aireación, riesgo de re-entrada mínimo, no afecta la germinación de semillas, puede ser aplicado desde el exterior y si hubiera pérdida por fugas puede ser regulada la concentración del interior agregando más gas desde cilindros adicionales desde el exterior.

Feromonas. Es una herramienta de monitoreo para la detección temprana de insectos comunes en productos almacenados como materia prima, en proceso o como producto terminado. Son moléculas de hormonas para atracción sexual, de agregación, para oviposición y para atracción alimenticia, que son depositadas en recipientes pequeños de plástico, goma, papel, fibra vegetal y otros, dentro de trampas con goma en su interior. Son feromonas múltiples o para especies definidas entre las que se encuentran las principales especies de insectos perjudiciales de productos almacenados, tales como: *Plodia interpunctella*; *Lasioderma serricornis*; *Trogoderma* spp.; *Prostephanus truncatus*, *Rhyzopertha dominica*; *Sitophilus* spp. y *Tribolium* spp., entre otros.

Tratamiento con calor. Consiste en la aplicación de temperaturas elevadas en recintos cerrados por medio de calentadores de vapor; gas natural, propano, combustóleo o eléctricos, por períodos que varían de 8 a 12 o más horas manteniendo temperaturas promedio de 50-60 °C. La exposición de calor se registra gráficamente por medio de termopares incluyendo las variaciones de la temperatura por áreas y niveles como comprobación de un mantenimiento uniforme y constante del calor.

Tratamiento con frío. El tratamiento con frío para el control de insectos en productos almacenados, requiere de la aplicación de temperaturas de 0 °C o menos. Los cuartos fríos o contenedores refrigerados pueden alcanzar temperaturas de congelación hasta de -20 °C, que evitan que los insectos entren en periodo de latencia o diapausa, obteniéndose el 100 % de mortalidad.

Manejo Integrado de Plagas (MIP). Consiste en la utilización combinada de todos los métodos de control de plagas disponibles, por ejemplo, control cultural, control físico, control químico (aspersión, termonebulización, ULV), monitoreo, documentación de los resultados del monitoreo, identificación de las especies de plagas encontradas, uso de alternativas a los plaguicidas y la toma de decisión de acuerdo a los resultados obtenidos.



Reguladores de crecimiento de insectos (IGR, por sus siglas en inglés). Son compuestos químicos que alteran el desarrollo normal de la síntesis de quitina en los insectos impidiendo el crecimiento normal de las especies de artrópodos expuestas, manteniéndolos juveniles hasta su muerte. Los insectos afectados pueden presentar anomalías anatómicas como malformaciones y alas abarquilladas.

Bióxido de carbono (CO₂). Empleado en grado industrial o alimenticio, actúa como supresor de oxígeno para la alteración primaria del proceso de respiración de los insectos. Utilizado en la concentración y el tiempo de exposición adecuado, rápidamente provocan la muerte de artrópodos.

II DISEÑO DEL PROYECTO

- 2.1 OBJETIVO GENERAL**
- 2.2 OBJETIVO ESTRATÉGICO**
- 2.3 LÍNEAS DE ACCIÓN**
- 2.4 ACTIVIDADES**



2.1 Objetivo general.

Eliminar el consumo de bromuro de metilo en la fumigación de estructuras de almacenaje de alimentos en México.

2.2 Objetivo estratégico

Identificar alternativas técnica, ambiental y económicamente viables al uso de bromuro de metilo a fin de que los usuarios de esta sustancia en México, puedan sustituir definitivamente su uso.

2.3 Líneas de acción

- 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 participarán en los proyectos de inversión para la eliminación del consumo de bromuro de metilo en México en el sector del almacenaje.

2.4 Actividades

Conocimiento del universo de usuarios	Compilación de base de datos
Viabilidad de sustitución del BM	Selección de alternativas disponibles en México, probadas técnica, ambiental y económicamente 10 proyectos piloto con demostración de alternativas al uso de bromuro de metilo.
Difusión de alternativas	Asistencia técnica y capacitación de especialistas nacionales e internacionales a las empresas participantes. 4 talleres de capacitación para usuarios de bromuro de metilo. Elaboración y distribución de materiales de difusión entre los usuarios.

III PROCESO DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

- 3.1 DESARROLLO DE TALLERES
DE CAPACITACIÓN**
- 3.2 REPRESENTATIVIDAD
SECTORIAL DE LOS
ASISTENTES**
- 3.3 INTERÉS EN RECIBIR
ASISTENCIA TÉCNICA**
- 3.4 PREFERENCIAS SOBRE LAS
ALTERNATIVAS**



3.1 Desarrollo de talleres de capacitación

Fueron organizados cuatro talleres de difusión y capacitación sobre alternativas al uso de bromuro de metilo. En los 4 talleres participaron 270 personas relacionadas con el sector del almacenaje en México (técnicos del sector almacenaje y fumigadores), además de los expertos nacionales e internacionales más reconocidos y con mayor conocimiento de las alternativas al bromuro de metilo.

▼ **Tabla I.** Talleres de capacitación en el sector almacenaje

Lugar	Fecha	No. de Asistentes	No. de empresas representadas
Monterrey, N.L.	8 · Diciembre · 06	45	36
Cd. Obregón, Sonora	26 · Enero · 07	75	59
Tultitlán, Edo. de México	23 · Febrero · 07	90	76
Guadalajara, Jalisco.	28 · Marzo · 07	60	71
Total		270	

A partir del interés mostrado por los representantes de las empresas que asistieron a los talleres, así como del conocimiento del sector del almacenaje, se elaboró un listado de empresas interesadas en recibir asistencia técnica para el desarrollo de proyectos piloto en sus instalaciones.

3.2 Representatividad sectorial de los asistentes.

En Monterrey:

- Industria alimenticia: 42 % de los asistentes
- Controladores de plagas: 45 %
- Distribuidores de plaguicidas: 13 %

En Ciudad Obregón, Sonora:

- Industria alimenticia: 46 %
- Controladores de plagas: 36 %
- Otros: 5 %

Tultitlán, Estado de México

- Industria alimenticia: 29 %
- Controladores de plagas: 55 %
- Distribuidores de plaguicidas: 11 %
- Otros: 5 %

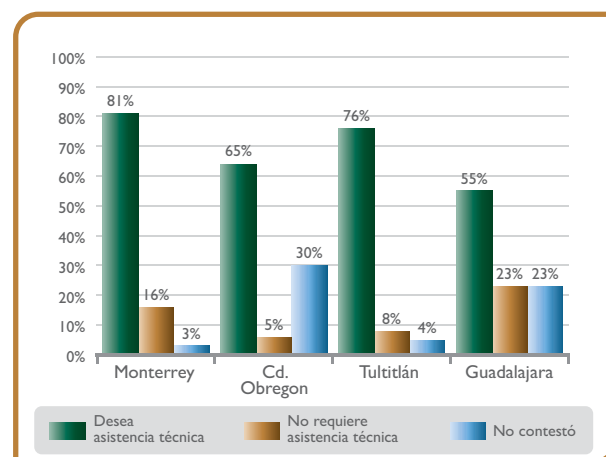
Guadalajara, Jalisco:

- Industria alimenticia: 16 %
- Controladores de plagas: 45 %
- Distribuidores de plaguicidas: 10 %
- Otros: 29 %

Del total de asistentes 55 % manifestó interés en recibir asistencia técnica, el 22.5 % indicó que no la requería y 22.5 % se abstuvo de emitir opinión.

3.3 Interés en recibir asistencia técnica

En los cuatro talleres fue evidente el interés de los participantes por recibir asistencia técnica para el manejo de plagas.



▲ **Figura I.** Interés en la asistencia técnica

3.4 Preferencias sobre las alternativas

Las sustancias o prácticas alternativas al uso de bromuro de metilo para la fumigación de espacios de mayor interés para los asistentes a los talleres en las 4 plazas de México, en orden de importancia fueron:

▼ **Tabla 2.** Temas de interés y preferencias de alternativas al bromuro de metilo

Taller	Temas de interés y alternativas al bromuro de metilo
Monterrey, N.L.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fluoruro de sulfurilo 2. Tratamiento térmico 3. Manejo integrado de plagas 4. Fumigación 5. Identificación de plagas
Cd. Obregón, Sonora	<ol style="list-style-type: none"> 1. Entomología de granos y subproductos 2. Conservación de granos 3. Fumigación 4. Aplicación de plaguicidas 5. Legislación, fortalecimiento técnico y seguridad 6. Manejo integrado de plagas 7. Reubicación pacífica de aves y control de roedores
Tultitlán, Edo. de México	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tratamiento térmico 2. Fumigación de silos, furgones y contenedores 3. Uso de feromonas 4. Manejo Integrado de Plagas 5. Fumigación con fosfina más CO₂ 6. Sanidad industrial 7. Biotecnología, bioingeniería, transgénicos y químicos sanitizantes 8. Toxicidad y prácticas seguras en el uso de plaguicidas: aspectos técnicos y legales 9. Identificación práctica de insectos en granos y subproductos 10. Tratamiento de embalaje 11. Capacitación práctica sobre la aplicación de fluoruro de sulfurilo 12. Conservación de granos y productos como tabaco 13. Alternativas de equipamiento e información a proveedores
Guadalajara, Jalisco.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Manejo Integrado de Plagas 2. Feromonas 3. Aspersión 4. Fosfina 5. Reguladores de crecimiento 6. Fluoruro de sulfurilo 7. Termonebulización 8. Fosfina más otros gases 9. Tratamiento con calor 10. Tratamiento con frío 11. Tratamiento con CO₂

IV ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS PROYECTOS PILOTO SOBRE ALTERNATIVAS AL BROMURO DE METILO

- 4.1 SELECCIÓN DE EMPRESAS Y ELABORACIÓN DE PLANES DE ASISTENCIA TÉCNICA**
- 4.2 PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA**

4.1 Selección de empresas y elaboración de planes de asistencia técnica

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.
- b) Selección de criterios para la elaboración de diagnósticos de las empresas participantes.
- c) Elaboración de diagnósticos y planes de asistencia técnica.

Las actividades de esta fase incluyeron la elaboración de 15 diagnósticos; 12 planes de asistencia técnica y 10 proyectos piloto.

▼ **Tabla 3.** Criterios de selección de empresas

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

▼ **Tabla 4.** Criterios para la elaboración de diagnósticos de las empresas

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

▼ **Tabla 5.** Información base para los 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 del procesamiento estadístico de datos



4.2 Procedimientos de prueba

Como resultado de 15 diagnósticos y 12 planes de asistencia técnica, finalmente fueron seleccionadas 10 empresas para la implementación de proyectos piloto para la aplicación de las siguientes alternativas al bromuro de metilo:

- 1 3 casos de fosfina (PH₃) + CO₂
- 2 1 caso de aplicación de fosfina (PH₃)
- 3 5 casos de aplicación de fluoruro de sulfurilo (FS)
- 4 1 caso de aplicación de feromonas

▼ **Tabla 6.** Empresas participantes en proyectos piloto

Alternativa(s) aplicada (s)	Empresa	Sede	Tipo de productos y espacios	Especies objetivo
Fosfina (PH ₃) + CO ₂	GAMESA, S. de R.L.V.	Monterrey, Nuevo León	Silos vacíos de harina de trigo	<i>Tribolium</i> spp. (larvas y adultos) y <i>Lasioderma</i> spp. (adultos)
	Tablex Miller, S. de R.L.V.	Ciudad Obregón, Sonora	Silos y molino trigo duro para pastas	<i>Tribolium</i> spp., <i>Rhyzopertha</i> spp. y <i>Cryptolestes</i> spp.
	Grupo Altex - Molino San Andrés	Guadalajara, Jalisco	Silos	<i>Tribolium</i> spp., <i>Rhyzopertha</i> spp., <i>Oryzaephilus</i> spp., <i>Plodia</i> spp. y <i>Ephestia</i> spp.
Fosfina (PH ₃)	Palmex Alimentos, S.A. de C.V.	Monterrey, Nuevo León	Silos de harina y líneas de proceso, almacenes de materia prima y producto terminado	<i>Lasioderma</i> spp. y <i>Tribolium</i> spp.
Feromonas	CP Ingredientes, S.A. de C.V.	Tlalnepantla, Estado de México	Derivados de maíz para industria farmacéutica	<i>Plodia interpunctella</i> , <i>Tribolium castaneum</i> , <i>Sitophilus zeamais</i> , <i>Sitotroga cerealella</i> .
Fluoruro de sulfurilo (FS)	Museo Regional de Guadalajara	Guadalajara, Jalisco	Salas de exhibición	<i>Tribolium</i> spp., Anóbidos y Derméstidos (COLEOPTERA: Tenebrionidae, Anobiidae y Dermestidae)
	Bidasem, S.A. de C.V.	Celaya, Guanajuato	Germoplasma y semillas para siembra comercial, granos	<i>Tribolium</i> spp., <i>Rhyzopertha</i> spp., <i>Oryzaephilus</i> spp., <i>Plodia</i> spp. y <i>Ephestia</i> spp.
	COPANAC	Navolato, Sinaloa	Silos metálicos	<i>Rhyzopertha dominica</i> , <i>Sitophilus oryzae</i> ; <i>Sitophilus zeamaize</i> , <i>Tribolium</i> spp., <i>Sitotroga cerealella</i> , <i>Plodia interpunctella</i> ; <i>Oryzaephilus surinamensis</i> y <i>Criptolestes</i> spp.
	Destilamex, S.A. de C.V.	Navolato, Sinaloa	Silo metálico	<i>Rhyzopertha dominica</i> , <i>Sitophilus oryzae</i> , <i>Sitophilus zeamaize</i> , <i>Tribolium</i> spp., <i>Sitotroga cerealella</i> , <i>Plodia interpunctella</i> , <i>Oryzaephilus surinamensis</i> y <i>Criptolestes</i> spp.
	Servicios Agropecuarios de la Costa, S.A. de C.V.	Navolato, Sinaloa	Silos metálicos	<i>Rhyzopertha dominica</i> , <i>Sitophilus oryzae</i> , <i>Sitophilus zeamaize</i> , <i>Tribolium</i> spp., <i>Sitotroga cerealella</i> , <i>Plodia interpunctella</i> , <i>Oryzaephilus surinamensis</i> y <i>Criptolestes</i> spp.

V PROYECTOS PILOTO SOBRE ALTERNATIVAS AL BROMURO DE METILO

5.1 FOSFINA MÁS BIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

- 5.1.1 Descripción general
- 5.1.2 Materiales y procedimientos
 - 5.1.2.1 Gamesa
 - 5.1.2.2 Tablex Miller
 - 5.1.2.3 Grupo Altex, Molino San Andrés
- 5.1.3 Resultados de aplicación de fosfina más bióxido de carbono
 - 5.1.3.1 Gamesa
 - 5.1.3.2 Tablex Miller
 - 5.1.2.3 Grupo Altex, Molino San Andrés

5.2 FOSFINA

- 5.2.1 Descripción general (Palmex Alimentos)
- 5.2.2 Materiales
- 5.2.3 Procedimiento
- 5.2.4 Resultados de la aplicación de fosfina (Palmex Alimentos)
- 5.2.5 Resumen de hallazgos con el uso de fosfina y fosfina más bióxido de carbono

5.3 FEROMONAS

- 5.3.1 Descripción general (CP Ingredientes)
- 5.3.2 Materiales y procedimiento
- 5.3.3 Resultados del uso de feromonas
- 5.3.4 Resumen de hallazgos con el uso de feromonas

5.4 FLUORURO DE SULFURILO (FS)

- 5.4.1 Descripción general
- 5.4.2 Materiales
- 5.4.3 Procedimientos
- 5.4.4 Resultados de la aplicación de fluoruro de sulfurilo
 - 5.4.4.1 Museo Regional de Guadalajara
 - 5.4.4.2 BIDASSEM
 - 5.4.4.3 COPANAC
 - 5.4.4.4 DESTILAMEX
 - 5.4.4.5 Servicios Agropecuarios de la Costa
- 5.4.5 Resumen de hallazgos con el uso de fluoruro de sulfurilo



5.1 Fosfina más Bióxido de Carbono (CO₂)

5.1.1 Descripción general

Tratamiento aplicado en silos vacíos de harina de trigo de la planta Gamesa en Monterrey, Nuevo León; en silos y molino de trigo duro para pastas en la empresa Tablex Miller de Navojoa, Sonora y, en dos silos vacíos de harina en las instalaciones del Grupo Altex Molino San Andrés, en San Juan de Ocotan, Zapopan, Jalisco, para evaluar su efectividad como tratamiento de fumigación y comparar los efectos con el uso de bromuro de metilo, considerando parámetros de efectividad (porcentaje de mortalidad), costo-beneficio, aspectos económicos, facilidad de implementación y seguridad ambiental y humana. La fosfina se obtuvo a partir de reacciones de hidrólisis al exponer a la humedad ambiental pastillas de fosforo de aluminio (en la planta de Tablex Miller) y placas de fosforo de magnesio (en la planta de Gamesa).

5.1.2 Materiales y procedimientos

5.1.2.1 Gamesa

Materiales

- Sistemas de adhesivos y plástico para el sellado de toda la estructura durante dos días consecutivos antes de la aplicación del fumigante en el tratamiento.
- Dos sistemas separados de mangueras de *polyflow* instaladas e identificadas en cada nivel, uno para la liberación del bióxido de carbono y el otro para la toma de concentraciones en los diferentes horarios de medición.
- Motor de recirculación de aire para una distribución uniforme de los gases en el interior del silo. Se colocaron señalamientos de advertencia en todo el perímetro y se acordonaron las áreas tratadas para impedir el acceso durante el desarrollo del experimento.

Procedimiento

- Colocación de placas de fosforo de magnesio y sacos de plástico para su recolección después de la reacción para ser neutralizadas en un tanque de metal de 200 lts. a cielo abierto para la inactivación de los desechos. Se utilizaron mascarillas de cara completa con filtros para fosfina y equipos de respiración autónoma. El silo tiene un volumen de 180 m³.

- Bioensayos: estratificación del edificio en sus partes baja, media y alta. En cada estrato se colocaron de manera aleatoria los frascos con los insectos para medir el porcentaje de mortalidad. Se realizó la colecta de especímenes de insectos adultos y larvas vivas directamente de las instalaciones del silo. Especies encontradas: *Tribolium* spp. y *Lasioderma* spp., que son plagas de importancia en almacenes de harinas y granos. Se colocaron 10 individuos por especie, en frascos de plástico con tapa, cubiertos con malla de tela y etiquetados por especie, tratamiento y nivel en el que serían colocados. Cada frasco correspondía a una unidad experimental.

- Se utilizó fosforo de magnesio en placas a una dosis recomendada de 200 partes por millón (ppm). El bióxido de carbono licuado a presión en cilindros de 60 kg cada uno, fue liberado a través de las mangueras de *polyflow* colocadas en cada nivel del silo. Se midieron las concentraciones de fosfina (ppm) y el porcentaje de concentración de bióxido de carbono con tubos colorimétricos y una bomba de succión manual a las 8, 16 y 24 horas posteriores a la aplicación. Se empleó un detector digital personal de fosfina durante todo el tratamiento, para evaluar posibles fugas.

- Diseño experimental: fumigación total en un silo de almacenamiento, utilizando fosforo de magnesio (Mg₃P₂) más bióxido de carbono contra insectos plaga de granos almacenados (adultos y larvas de *Tribolium* spp. y adultos de *Lasioderma* spp.). Se aplicó un diseño experimental aleatorio con 4 tratamientos en tiempos de exposición de 24 y 48 horas en los estratos y fuera del silo (testigo absoluto). En cada unidad experimental del bioensayo, se empleó un frasco con 10 adultos por especie a evaluar. Se midieron las concentraciones de fosfina (PH₃) en ppm y el porcentaje de bióxido de carbono a las 8, 16 y 24 horas después de la aplicación.

- Para el cálculo del porcentaje de mortalidad resultante del tratamiento se usó el paquete estadístico SAS Systems para Windows versión V8. Se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias Tukey.

5.1.2.2 Tablex Miller

Materiales

- Sistemas de adhesivos y plástico para el sellado de toda la estructura.

- Sistemas de adhesivos y plástico para el sellado de toda la estructura.
- Motor de recirculación de aire para la distribución de los gases en la planta baja del edificio.
- Pellets de fosforo de aluminio.
- Sacos de plástico para la recolección de los residuos posteriores al tratamiento.
- Tanque de metal de 100 litros con jabón para la inactivación de los desechos.
- Mascarillas de cara completa con filtro para fosfina y equipos de respiración autónoma.

Procedimiento

- Sellado de la estructura dos días antes de la aplicación del tratamiento.
- Clasificación del edificio por niveles (factor I): sótano, planta baja, nivel I, nivel II, nivel III, nivel IV, nivel V y nivel VI. En cada nivel se colocaron de manera aleatoria los bioensayos en frascos (cuatro por nivel) con los insectos para medir el porcentaje de mortalidad (bioensayos).
- Colocación de dos sistemas separados de mangueras de *polyflow* en cada nivel, uno para la liberación del bióxido de carbono y el otro para la toma de concentraciones de la fosfina y del bióxido de carbono en los diferentes horarios de medición.
- Colocación de señalamientos de advertencia en todo el perímetro y acordonamiento de las áreas tratadas para impedir el acceso durante el desarrollo del experimento. Para la colocación de los *pellets* de fosforo de aluminio se utilizaron cajas de cartón identificadas por nivel y área de liberación.
- Bioensayos: colecta de especímenes de insectos adultos vivos directamente de las instalaciones del molino de las siguientes especies: *Tribolium* spp., *Rhyzopertha* spp., y *Cryptolestes* spp.
- Colocación de 10 individuos por especie en frascos de plástico con tapa y cubiertos con malla de tela y etiquetados por especie, repetición, factor de fácil o difícil acceso del gas y nivel en el que serían colocados. Cada frasco correspondía a una unidad experimental. Se utilizó fosforo de aluminio al 56%, liberándose en dos áreas por nivel. El bióxido de carbono licuado a presión en contenedores de 30 kg fue liberado en cada nivel.
- Diseño experimental: fumigación total en las instalaciones de un molino productor de harina,



Tablex Miller (Navojoa, Sonora) 2010

utilizando fosforo de aluminio más bióxido de carbono contra insectos adultos de las plagas comunes de los granos almacenados (*Tribolium* spp., *Rhyzopertha* spp. y *Cryptolestes* spp.), con un diseño experimental factorial con dos variables: niveles en el molino y accesibilidad del gas; cuatro repeticiones y un tiempo de exposición de 53 horas, con mediciones de concentración de fosfina en ppm y el porcentaje de bióxido de carbono a las 29, 41 y 53 horas después de la aplicación. El tratamiento se aplicó en: a) lugares de fácil acceso, áreas abiertas sobre equipos o maquinarias y, b) lugares de difícil acceso para los gases liberados, áreas dentro de ductos o maquinaria.

- Para el cálculo del porcentaje de mortalidad por la aplicación del tratamiento de fosfina más bióxido de carbono se utilizó el paquete estadístico SAS Systems para Windows versión V8. El diseño experimental utilizado fue factorial y los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y a una prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$).

5.1.2.3 Grupo Altex, Molino San Andrés

Materiales

- Sistemas adhesivos de sellado
- Dos sistemas separados de mangueras de *polyflow* para la liberación del CO₂ y para la toma de lecturas de concentración.
- Motor de recirculación de aire para la distribución de los gases en la planta baja de cada nivel
- Mascarillas de cara completa con filtro para fosfina y equipos de respiración autónoma.



Procedimiento

- Colocación de tabletas al 56 % de fósforo de aluminio y placas de fósforo de magnesio al 56 %, liberándose en dos áreas por nivel.
- El CO₂ licuado a presión en cilindros de 60 kg cada uno, fue liberado en cada nivel del molino. Se empleó un detector digital personal de fosfina durante todo el tratamiento para detectar posibles fugas cercanas a los operadores.
- Bioensayos: colecta de insectos adultos y larvas vivas del género *Tribolium*. Colocación de 10 individuos de cada estadio (larvas y adultos) en frascos de plástico con tapa, cubiertos con malla de tela y etiquetados. Cada frasco correspondía a una unidad experimental.
- Diseño experimental. Se utilizó un diseño experimental de parcelas subdivididas con dos alternativas: a) parcela grande: 2 silos, uno con tratamiento de fósforo de aluminio y otro con fósforo de magnesio y, b) parcela mediana: estado biológico de la plaga como adulto y larva, además del testigo (sin

tratamiento). Se establecieron 2 repeticiones para el tratamiento con fósforo de magnesio y 3 repeticiones para el caso de los tratamientos con fósforo de aluminio.

- Para el cálculo del porcentaje de mortalidad resultante del tratamiento se usó el paquete estadístico SAS Systems para Windows versión V8. Se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias Tukey.

5.1.3 Resultados de aplicación de fosfina más bióxido de carbono.

5.1.3.1 Gamesa.

De acuerdo al análisis de varianza, en todas las especies evaluadas, al menos uno de los tratamientos mostró diferencia estadística significativa con respecto al testigo.

La prueba de comparación de medias Tukey, en el caso de las especies *Tribolium* spp. y *Lasioderma* spp., muestra que estadísticamente el porcentaje de mortalidad sobre las plagas evaluadas es considerable en todos los tratamientos donde se aplicó fosfina más bióxido de carbono.

▼ **Tabla 7.** Gamesa. Comparación de medias Tukey para la variable % de mortalidad sobre adultos y larvas de *Tribolium* spp. y adultos de *Lasioderma* spp., 24 horas después de la aplicación

Tratamiento	Especies plaga de almacén					
	Adultos <i>Tribolium</i> spp.		Larvas <i>Tribolium</i> spp.		Adultos <i>Lasioderma</i> spp.	
	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*
Testigo absoluto	0.00	B	5.0	B	15.0	B
Parte baja	90.0	A	100.0	A	100.0	A
Parte media	79.9	A	95.0	A	100.0	A
Parte alta	78.75	A	100.0	A	100.0	A

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

▼ **Tabla 8.** Gamesa. Comparación de medias Tukey para la variable % de mortalidad sobre adultos y larvas de *Tribolium* spp. y adultos de *Lasioderma* spp., 48 horas después de la aplicación

Tratamiento	Especies plaga de almacén					
	Adultos <i>Tribolium</i> spp.		Larvas <i>Tribolium</i> spp.		Adultos <i>Lasioderma</i> spp.	
	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*
Testigo absoluto	0.0	B	5.0	B	15.0	B
Parte baja	90.0	A	100.0	A	100.0	A
Parte media	94.95	A	95.0	A	100.0	A
Parte alta	78.75	A	100.0	A	100.0	A

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

En todos los tratamientos se observan datos de porcentaje de control altos, incluso de hasta un 100 % sobre *Tribolium* spp. y *Lasioderma* spp.

La distribución de la fosfina en los tres estratos dentro del silo tuvo un buen comportamiento hasta las 24 horas después de la aplicación, ya que conservó las 200 ppm de concentración recomendada. Con la conservación de la alta concentración del producto después de 24 horas de su aplicación, se logró la eliminación total de la población de los insectos plaga en el bioensayo. La bibliografía menciona que la fosfina tiende a homogeneizarse en todos los niveles y el bióxido de carbono se disipa rápidamente en el volumen que los contiene. El ingrediente activo que actúa sobre el porcentaje de mortalidad de las plagas es la fosfina mientras que la función del bióxido de carbono es la de estimular la respiración de los insectos con mayor actividad.

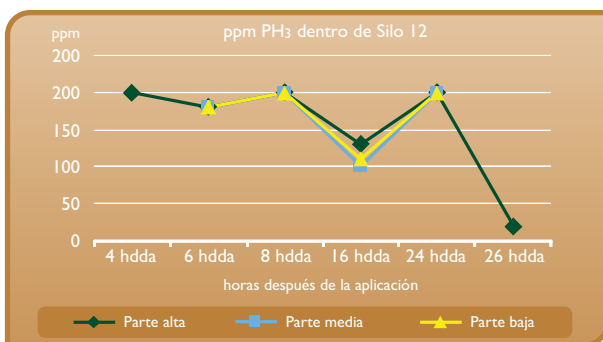
▼ **Tabla 9.** Gamesa. Monitoreo de concentraciones de fosfina y bióxido de carbono

Niveles en interior del silo 12	Lecturas de PH ₃ (ppm)			% CO ₂		
	8 horas dda*	16 hora dda	24 horas dda	8 horas dda	16 hora dda	24 horas dda
	1:20 hr	9:20 hr	17:20 hr	1:20 hr	9:20 hr	17:20 hr
Parte baja	200	110	200	5	3.5	3
Parte media	200	100	200	5	3.5	3
Parte alta	200	130	200	5	3.5	3

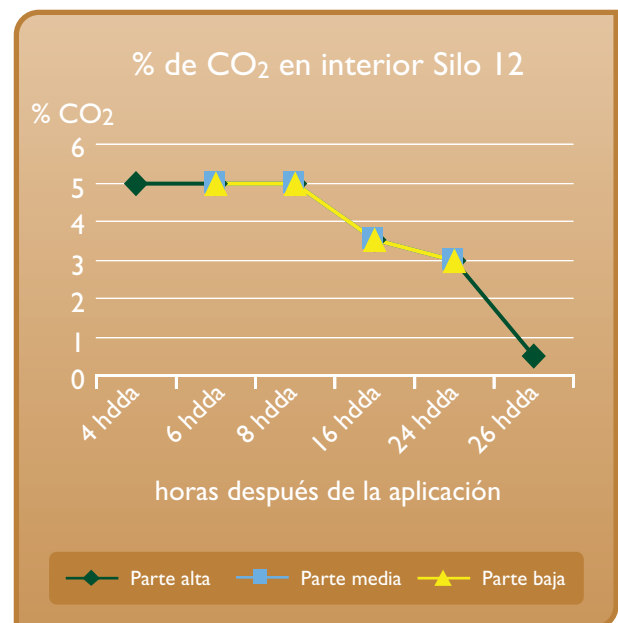
* después de la aplicación

La presencia de concentraciones de fosfina en todo el silo a las 24 horas después de la aplicación, indica una adecuada homogeneidad del producto.

La fosfina se distribuyó uniformemente dentro del silo. Esto es indicativo de que las fugas de fosfina y bióxido de carbono no fueron un factor significativo sobre la acción del producto. La distribución del bióxido de carbono se presentó en concentración adecuada a las 24 horas después de la aplicación, causa probable de ausencia de fugas, por lo que la fosfina en silos en buen estado muestra resultados favorables como sustituto del bromuro de metilo.



▲ **Figura 2.** Gamesa. Concentraciones de fosfina en diferentes partes del silo en rangos de tiempo después de la aplicación.



▲ **Figura 3.** Gamesa. Porcentaje de CO₂ después de la aplicación

El producto se distribuyó de manera uniforme en todo el silo permitiendo que la efectividad biológica del producto fuera adecuada en todas las áreas.



El análisis de varianza para el efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de mortalidad mostró diferencia altamente significativa con respecto al testigo con una $Pr > F = 0.0019$ para adultos de *Tribolium* spp., $Pr > F = 0.0001$ para larvas *Tribolium* spp. y $Pr > F = 0.0001$ para adultos de *Lasioderma* spp.

5.1.3.2 Tablex Miller.

El análisis estadístico mostró que en todas las especies evaluadas, al menos uno de los tratamientos mostró diferencia estadística significativa con respecto al testigo en el caso de *Cryptolestes* spp.

La comparación de medias Tukey mostró que el porcentaje de mortalidad o control de *Tribolium* spp. y *Rhyzopertha* spp., es mejor en los tratamientos combinados con fosfina más bióxido de carbono, en comparación con el testigo (sin aplicación de fosfina).

▼ **Tabla 10.** Tablex Miller. Comparación de medias Tukey para la variable porcentaje de mortalidad sobre *Tribolium* spp., *Rhyzopertha* spp.; y *Cryptolestes* spp.

Tratamiento	Adultos					
	<i>Tribolium</i> spp.		<i>Rhyzopertha</i> spp.		<i>Cryptolestes</i> spp.	
	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*
1 testigo	20.825	B	40.000	B	0.00	B
2 sótano	100.000	A	100.000	A	100.00	A
3 planta baja	100.000	A	97.725	A	50.00	B A
4 nivel 1	100.000	A	100.000	A	50.00	B A
5 nivel 2	100.000	A	100.000	A	36.30	B A
6 nivel 3	100.000	A	100.000	A	36.30	B A
7 nivel 4	100.000	A	100.000	A	75.00	B A
8 nivel 5	87.500	A	87.500	A	72.33	B A
9 nivel 6	100.000	A	97.500	A	41.65	B A

* después de la aplicación

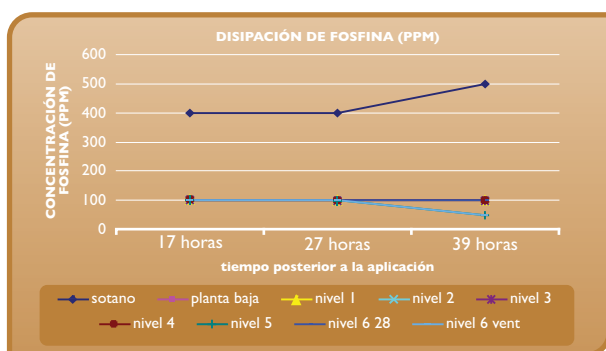
En el caso de los individuos de *Cryptolestes* spp., el tratamiento del sótano fue el que mostró diferencia estadística con respecto al testigo. Esto se puede explicar con ayuda del monitoreo de concentraciones de fosfina y bióxido de carbono, al paso de 17 a 39 horas después de la aplicación. La fosfina tendió a depositarse en las partes bajas y el bióxido de carbono se disipó al medio ambiente. El ingrediente activo que actúa en el control o porcentaje de mortalidad de las plagas es la fosfina, por lo cual, el porcentaje de mortandad fue más elevado en este sitio. Aun cuando *Cryptolestes* spp. es una plaga secundaria de granos almacenados, se observó cierta tolerancia a la fosfina aplicada.

▼ **Tabla 11.** Tablex Miller. Lecturas del monitoreo

Niveles	Lecturas de PH ₃ (ppm)			Lecturas de CO ₂ (%)		
	07 / 28 / 2007	07 / 28 / 2007	07 / 29 / 2007	07 / 28 / 2007	07 / 28 / 2007	07 / 29 / 2007
	9:00 am	9:00 pm	9:00 am	9:00 am	9:00 pm	9:00 am
Sotano	400	400	500	> 7		3.0
Planta Baja	100	100	100	2	I	
Nivel 1	100	100	100	2		0.5
Nivel 2	100	100	100	2	I	
Nivel 3	100	100	100	2		0.5
Nivel 4	100	100	100	2	I	
Nivel 5	100	100	50	2		0.5
Nivel 28	100	100	100	2		0.5
Ventiladores	100	100	50	2	I	

La presencia de concentraciones de fosfina en todo el edificio a las 39 horas después de la aplicación, indica una adecuada homogeneidad del producto.

Se observa como la fosfina presentó una tendencia a acumularse en los niveles inferiores del molino, específicamente en el sótano, a pesar del sistema de circulación de aire que se colocó, de lo que se induce el beneficio de modificar la ubicación y la intensidad del flujo de circulación de aire en instalaciones con sótanos. Es importante indicar que las lecturas obtenidas en el nivel 5 mostraron una baja en las ppm, resultado de una probable fuga, un procedimiento deficiente o el sellado incorrecto, aspectos que deben asegurarse en cualquier aplicación.



▲ **Figura 4.** Tablex Miller. Disipación de fosfina

▼ **Tabla 12.** Tablex Miller. Comparación de medias Tukey para el efecto del factor acceso sobre la variable porcentaje de mortalidad sobre *Tribolium* spp., *Rhyzopertha* spp.; y *Cryptolestes* spp.

Acceso	Adultos					
	<i>Tribolium</i> spp.		<i>Rhyzopertha</i> spp.		<i>Cryptolestes</i> spp.	
	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*
Fácil	91.667	A	92.778	A	32.50	A
Difícil	87.961	A	90.050	A	50.87	A

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

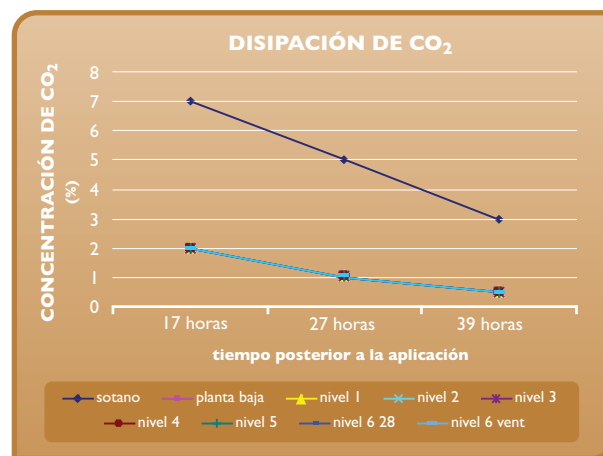
Los datos no muestran diferencias entre niveles de acceso, confirman la efectividad biológica de las sustancias empleadas, así como la importancia de la disipación homogénea en el edificio fumigado.

El análisis de varianza para la interacción de los factores acceso y dosis no fue estadísticamente significativa lo que indica que el efecto del acceso no influye sobre el efecto de la dosis en el porcentaje de mortalidad de las plagas.

El análisis de varianza para el efecto de la dosis sobre el porcentaje de mortalidad mostró diferencia altamente significativa con respecto al testigo con una $Pr>F = 0.0001$ para *Tribolium* spp., $Pr>F=0.0001$ para *Rhyzopertha* spp. y $Pr>F=0.0002$ para *Cryptolestes* spp.

El efecto de la dosis sobre el porcentaje de mortalidad en los tratamientos con fosfina fue bueno, muy diferente a los porcentajes de mortalidad mostrados por los testigos.

La distribución del bióxido de carbono fue irregular desde un inicio produciendo una baja en la concentración esperada, causada probablemente por alguna fuga o una desviación en el proceso de sellado, por lo que la mejora de las instalaciones y el proceso de sellado será fundamental para la obtención de mejores resultados en el futuro.



▲ **Figura 5.** Tablex Miller. Disipación de bióxido de carbono

Sobre la evaluación de las variables de acceso y dosis a tres concentraciones encontradas a las 17 horas posteriores a la aplicación, se obtuvieron los resultados siguientes:



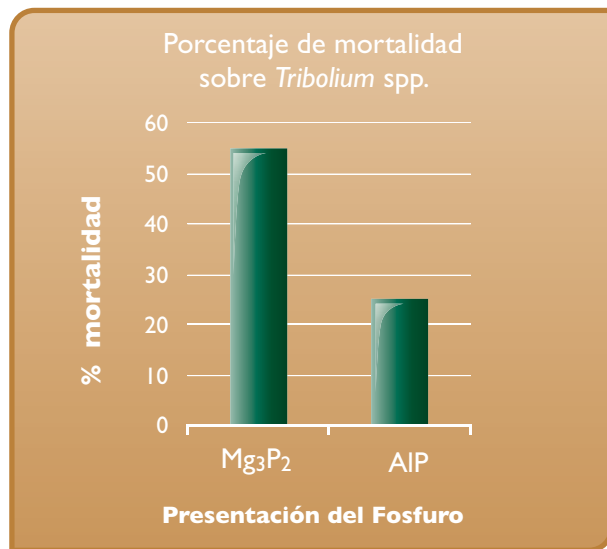
5.1.3.3 Grupo Altex, Molino San Andrés

Los resultados con el empleo de fosforo de aluminio y fosforo de magnesio mostraron la misma significancia estadística sobre la mortandad de las plagas. Ambos liberaron fosfina.

▼ **Tabla 13.** Grupo Altex. Comparación de medias Tukey para la variable porcentaje de mortalidad sobre *Tribolium* spp.: fosfuro de aluminio vs fosfuro de magnesio

Parcela grande	<i>Tribolium</i> spp.	
	Media % de mortalidad	Grupo estadístico*
Fosfuro de magnesio (Mg ₃ P ₂)	55	A
Fosfuro de aluminio (Al P)	25	A

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.



▲ **Figura 6.** Grupo Altex. Comparación del porcentaje de mortalidad con la aplicación de fosfina liberada con fosfuro de aluminio y fosfuro de magnesio

▼ **Tabla 14.** Grupo Altex. Comparación de medias Tukey entre estados de desarrollo

Parcela mediana	<i>Tribolium</i> spp.	
	Media % de mortalidad	Grupo estadístico*
Larvas	43	A
Adulto	31	B

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

El porcentaje de mortalidad fue mayor en los tratamientos con fosfina en comparación con el testigo (sin fosfina). La efectividad (65%) fue regular a relativamente baja (en tratamientos con fumigantes se espera efectividad biológica superior al 90% y preferentemente de un 100%). Esto se atribuye al mal sellado de las áreas tratadas.

▼ **Tabla 15.** Grupo Altex. Comparación de medias Tukey para la variable porcentaje de mortalidad sobre *Tribolium* spp.

Parcela chica	<i>Tribolium</i> spp.	
	Media % de mortalidad	Grupo estadístico*
Con tratamiento	65	A
Testigo o sin tratamiento	9	B

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

El análisis de varianza obtenido para la interacción de los factores presentación del fosfuro (PG) y el estado biológico de la plaga (PM), fue estadísticamente significativa siendo el estado larval el más susceptible al fumigante, como sucedió entre la interacción fumigante (PG), con tratamiento y testigo (PCH), lo que indica que el efecto del fumigante fue mejor que los resultados del testigo. El efecto de la PCH (con tratamiento de fumigante y testigo) sobre el porcentaje de mortalidad mostró diferencia estadística altamente significativa con respecto al testigo con una $Pr > F = < 0.0001$ para *Tribolium* spp. Sin embargo, los resultados obtenidos no fueron enteramente satisfactorios.

5.2 Fosfina

5.2.1 Descripción general (Palmex Alimentos)

Con este tratamiento se realizó la fumigación de la planta de Palmex Alimentos en Santa Catarina, Nuevo León, en un área de 195 200 m³ que incluyen: el almacén de productos terminados (nivel A segunda sección; nivel A bacheras, nivel A trigolín, nivel A reproceso, nivel B, cereales PI) y dos silos de almacenamiento de harina.

5.2.2 Materiales

- Sistemas adhesivos plásticos para el sellado de estructuras.
- Sistemas separados de mangueras de *polyflow* para la medición de concentraciones.
- Ventiladores para la recirculación del aire.
- Mascarillas de cara completa con filtros para fosfina y equipos de respiración autónoma Self Container Breath Apparatus (SCBA).

5.2.3 Procedimiento

- Acordonamiento y señalamiento en el área de fumigación.
- Estratificación del edificio.
- Bioensayos: Colocación de 10 individuos por especie, en

frascos de plástico con tapa, cubiertos con malla de tela y etiquetados por especie, tratamiento y nivel.

- Especímenes: Colecta de insectos adultos y larvas vivas de *Tribolium* spp. y *Lasioderma* spp., directamente de las instalaciones de la planta y silos.
- Material y métodos: Se utilizó fosfuro de aluminio a una dosis recomendada de 500 ppm en presentación de tabletas de 3 g liberándose en toda la planta el contenido de 586 frascos de 333 tabletas cada uno. Total: 95 200 tabletas. Se tomaron lecturas de concentración con tubos colorimétricos y bomba manual a las 12, 24, 36, 48 y 72 horas posteriores a la aplicación. Se emplearon detectores digitales de fosfina a baja concentración durante todo el tratamiento para evaluar posibles fugas y evitar riesgos a los operadores.
- Diseño experimental: aleatorio con 4 tratamientos de 5 repeticiones y un testigo absoluto. Los tratamientos se colocaron estratificando el total de la planta. Cada unidad experimental para llevar a cabo el bioensayo, correspondía a un frasco con 10 adultos de cada especie a evaluar.
- Para el cálculo del porcentaje de mortalidad se utilizó el paquete estadístico SAS Systems para Windows versión V8. los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$).

5.2.4 Resultados de la aplicación de Fosfina (Palmex Alimentos)

▼ **Tabla 16.** Palmex Alimentos. Comparación de medias Tukey para la variable % de mortalidad sobre adultos y larvas de *Tribolium* spp.; y adultos de *Lasioderma* spp., 72 horas después de la aplicación

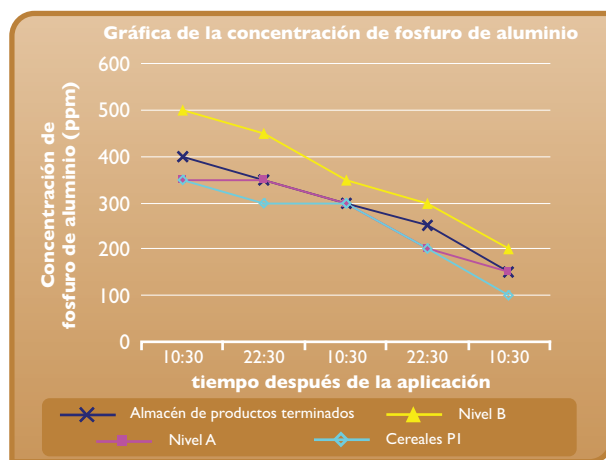
Tratamiento	Especies plaga de almacén					
	Adultos <i>Tribolium</i> spp.		Larvas <i>Tribolium</i> spp.		Adultos <i>Lasioderma</i> spp.	
	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*
Testigo absoluto	0.0	B	0.0	B	0.0	B
Almacén de productos terminados	100	A	100	A	100	A
Nivel A seg. sección Nivel A bacheras Nivel A trigolín Nivel A reproceso	100	A	100	A	100	A
Nivel B	100	A	100	A	100	A
Cereales PI	100	A	100	A	100	A

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.



De acuerdo al análisis de varianza, en todas las especies evaluadas al menos uno de los tratamientos mostró diferencia estadística significativa con respecto al testigo. La prueba de comparación de medias Tukey mostró porcentajes considerables de mortandad sobre *Tribolium* spp. y *Lasioderma* spp.

La distribución de la fosfina en las diferentes áreas de la planta tuvo una buena respuesta hasta las 72 horas después de la aplicación, con lo que se logró la eliminación del 100 % de la población de los insectos plaga en el bioensayo.



▲ **Figura 7.** Palmex Alimentos. Concentraciones espaciales de fosfina a diferentes horas de medición

La significativa diferencia sobre el porcentaje de mortalidad respecto al testigo fue probada mediante el análisis de varianza, con una $Pr > F = 0.0001$ para adultos de *Tribolium* spp.; $Pr > F = 0.0001$ para larvas de *Tribolium* spp. y $Pr > F = 0.0001$ para adultos de insectos del género *Lasioderma*.

▼ **Tabla 17.** Palmex Alimentos. Monitoreo de fumigación con fosfina en diferentes lecturas

Tratamiento	Lecturas de fosfina (ppm)				
	12 dda	24 hr dda	36 hr dda	48 hr dda	72 hr dda
Niveles tratados					
Almacén de productos terminados	400	350	300	250	150
Nivel A seg. sección					
Nivel A bachera					
Nivel A trigolín					
Nivel A reproceso	350	350	300	200	150
Nivel B	500	450	350	300	200
Cereales PI	350	300	300	200	100

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

5.2.5 Resumen de hallazgos con el uso de fosfina y fosfina más bióxido de carbono.

Gamesa

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.

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.

Tablex Miller

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 en granos almacenados como *Tribolium* spp. y *Rhyzopherta* spp., con una efectividad hasta el 100 %

Los porcentajes de mortalidad obtenidos para estos insectos con este tratamiento son 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.

Palmex Alimentos, S.A. de C.V.

El nivel de control de la fosfina sobre plagas de los géneros *Tribolium* y *Lasioderma* fue, en todos los casos, de 100% de mortalidad. Se mostró que la eficacia del producto va acompañada de un buen método de aplicación que permita su distribución en todas las áreas fumigadas.

Molino San Andrés, Grupo Altex

Nivel de efectividad de regular a bajo, especialmente en el control de larvas de insectos del género *Tribolium*. Este caso muestra la necesidad del buen sellado de las instalaciones a fumigar, pues contrasta con los resultados obtenidos en Gamesa y Tablex Miller con la misma alternativa

5.3 Feromonas

5.3.1 Descripción general

Tratamiento aplicado en silos, bodega y el área de envasado de féculas en las instalaciones de la empresa CP Ingredientes, ubicada en el municipio de Tlalnepantla, Estado de México.

5.3.2 Materiales y procedimiento

Materiales empleados en el uso de feromonas

- 200 trampas tipo Delta marca No Survivo de Insects Limited.
- 200 contenedores con feromona sexual múltiple marca Pest Patrol de Insects Limited.
- 200 contenedores con feromona sexual específica de Insects Limited.
- Papelería.
- Lámparas de mano.
- Radiolocalizadores.
- Frascos y alcohol al 70 % para la colecta de insectos.

Aplicación: empleo de 21 trampas tipo Delta No Survivor de Insects Limited con feromona sexual múltiple Pest Patrol de Insects Limited para la captura de plagas de granos almacenados en el área de silos y 5 en el área de féculas (envase y almacén de sacos en reproceso).

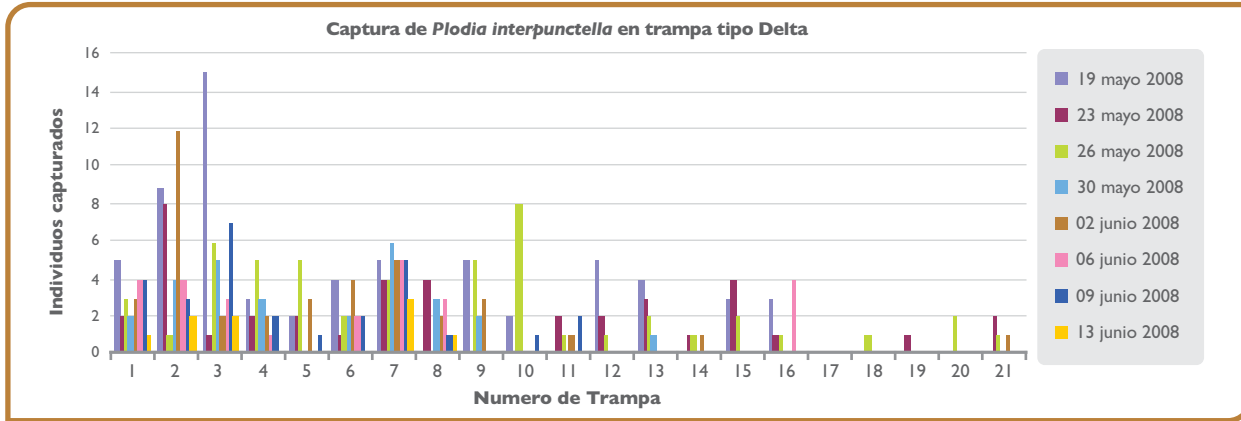
Bioensayos: captura de individuos plaga que ya existían dentro de los silos y área de féculas; conteo del número de individuos por especie por trampa y obtención de la sumatoria del total de capturas en las trampas por fecha de evaluación. Muestreo y observación del comportamiento de la población plaga predominante. Se realizaron lecturas de las trampas a los 4, 7, 10, 14, 18, 21, 25 y 29 días después de su colocación, es decir, 8 fechas de evaluación.

5.3.3 Resultados del uso de feromonas

La plaga dominante en el ensayo fue la palomilla de la India *Plodia interpunctella* (Hubner). Las trampas con feromona que tuvieron los valores de captura más altos en todas las fechas de evaluación fueron las colocadas en el área de cadenas (trampas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7). Este resultado se



puede deber a la habilidad de volar de las palomillas de *Plodia interpunctella*, además de ser un área con mayor exposición por los sitios de entrada y facilidad de acceso.

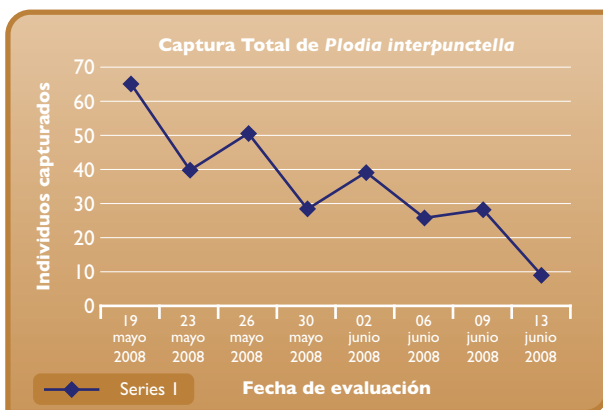


▲ **Figura 8.** CP. Ingredientes. Captura de individuos adultos de *Plodia interpunctella* con feromona sexual multiespecie

Las evaluaciones se tomaron cada 4 días a partir de la colocación de las trampas con feromona. A partir de la primera fecha de evaluación, cada 7 días se presentaron pequeños picos en la captura de *P. interpunctella*, aunque éstos fueron siempre inferiores a los datos de captura obtenidos en la primera evaluación en la que se registraron los valores más altos. Los picos pueden indicar emergencia de nuevas poblaciones de adultos o de generaciones dentro del silo.

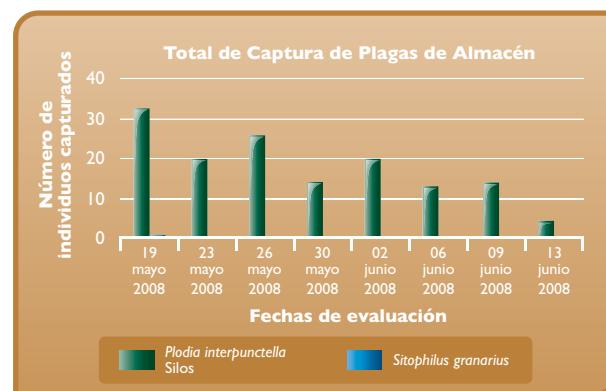
de silos (21 trampas). La tendencia en la disminución de individuos capturados sugiere la reducción de la población de *P. interpunctella*.

Las poblaciones en almacén pueden presentar picos en la emergencia de adultos, no necesariamente cada 4 o 6 semanas como lo refiere la bibliografía en la duración del ciclo biológico de la plaga. Con los datos de captura se observó que los picos de emergencia de adultos se presentaron cada 7 días ya que la plaga se encuentra protegida en el interior de los silos, entre los costales y/o entre los granos. En el área de silos también se capturó 1 individuo de *Sitophilus granarius* en la trampa número 9 en la primera evaluación, posteriormente no se registraron capturas de este insecto.



▲ **Figura 9.** CP. Ingredientes. Captura de individuos de *Plodia interpunctella* por fecha de evaluación

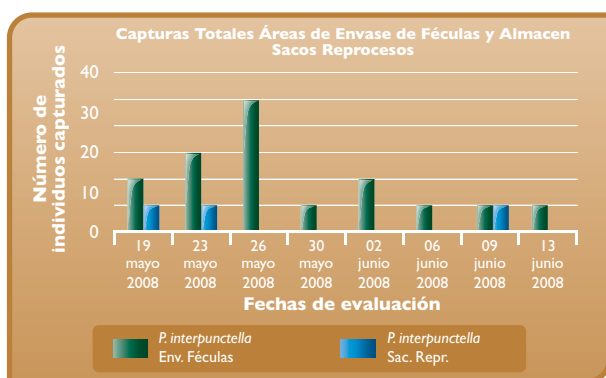
La última evaluación, 25 días después de la primera, mostró una reducción de 56 individuos en la captura, con respecto a la primera, observándose una captura final de 9 individuos en el total de las trampas colocadas en el área



▲ **Figura 10.** CP. Ingredientes. Captura total en almacén

Área de envase de féculas y almacén de sacos en reproceso

En estas áreas únicamente hubo capturas de *Plodia interpunctella* como plaga predominante. En el área de envase de féculas se presentó un pico de captura de *Plodia interpunctella* en la tercera fecha de evaluación (5 individuos). Posteriormente, la captura en la trampa de feromona que le sucedieron fue de 1 individuo. De acuerdo al ciclo biológico de la plaga que es de 4 a 6 semanas, se deriva la necesidad de mantener el trapeo por lo menos 5 semanas para obtener resultados de disminución de la población.



▲ **Figura 11.** CP. Ingredientes. Capturas totales en envases de féculas y almacén

5.3.4 Resumen de hallazgos con el uso de feromonas

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.

5.4 Fluoruro de sulfurilo (FS)

5.4.1 Descripción general

Los ensayos para la evaluación de la mortalidad de plagas con la aplicación de fluoruro de sulfurilo (FS), se realizó en salas de exhibición del Museo Regional de Guadalajara; en germoplasma y semillas para siembra comercial y granos de la empresa Bidasem de Celaya, Guanajuato y en silos metálicos en emplazamientos de COPANAC, Destilamex, y Servicios Agropecuarios de la Costa, las tres últimas empresas ubicadas en Navolato, Sinaloa.

5.4.2 Materiales

Detector de gases; fumiscopio, interscan y detector digital; equipos de seguridad: amnés, cuerda de vida y equipos de respiración autónomos; sistemas de adhesivos y plástico para el sellado de la estructura antes de la aplicación del tratamiento; mangueras de inyección de gas y mangueras de monitoreo de concentraciones.

5.4.3 Procedimientos

5.4.3.1 Museo Regional de Guadalajara

Bioensayos

Área fumigada: sala de exhibición.

Colocación de especímenes de insectos plaga, adultos vivos de: *Tribolium* spp., Anóbidos y Derméstidos (*Tenebrionidae*, *Anobiidae* y *Dermestidae*): 5 individuos de cada especie en frascos de plástico con tapa, cubiertos con malla de tela y etiquetados por especie/tratamiento. Cada frasco correspondía a una unidad experimental, más un testigo absoluto, por cada especie evaluada. Los datos obtenidos fueron procesados estadísticamente por un diseño al azar y una prueba Tukey.

Diseño experimental

Aleatorio. Aplicación de FS y testigo absoluto. Colocación en ocho sitios diferentes en el espacio tratado y un testigo absoluto fuera del sitio fumigado.

Dos mediciones con el fumiscopio, al término de la liberación; 10 minutos después, y al término del tratamiento.

Dosis de FS: 29.41 g/m³. Se realizaron 2 procesos lentos de



liberación de 5 segundos cada uno. Tiempo de exposición: 18 horas.

Tiempo de aireación: menos de 30 minutos

5.4.3.2 BIDASSEM

Bioensayos

Área fumigada: bodega, dos supersacos y 36 tarimas con sacos infestados: 6 850 m³

Colecta de 20 especímenes de insectos vivos (adultos y larvas), directamente de las instalaciones de la bodega de las siguientes especies: *Rhyzopertha dominica* y *Sitophilus granarium*. Colocación de 10 individuos por especie, en frascos de plástico con tapa, cubiertos con malla de tela y etiquetados por especie. Cada frasco correspondió a una unidad experimental.

Diseño experimental

Aleatorio con un tiempo de exposición de 4 horas y media, y un testigo absoluto; 20 unidades experimentales de cada especie plaga a evaluar:

Se colocaron dos sistemas separados de mangueras, uno para la liberación del fluoruro de sulfuro y el otro para la toma de concentraciones en los diferentes momentos de medición.

Dosis de FS: 28.8 g/m³ formulado como gas y contenido en cilindros de 56.7 kg.

5.4.3.3 COPANAC

Bioensayo

Área fumigada: Silo metálico de 14 000 m³ con 10 000 t. de maíz.

Colecta de especímenes vivos de insectos plaga de granos almacenados: *Sitophilus* spp., *Oryzaephilus* spp., *Tribolium* spp., y *Cryptolestes* spp. Colocación de 20 individuos en estado adulto por especie, en frascos de plástico con tapa, cubiertos con malla de tela y etiquetados por especie, por repetición.

Diseño experimental

Aleatorio con 9 tratamientos (8 niveles o sitios de evaluación y 1 testigo absoluto). Cada unidad experimental o repetición, correspondía a un frasco (bioensayos) con 20 adultos por especie a evaluar. Se evaluó el porcentaje de mortalidad por especie. Las unidades experimentales se distribuyeron en la parte superior, entradas de aires y caídas del silo.

El fumigante se aplicó en el silo con un sistema de recirculación de aire para homogeneizar el producto en el interior del cuerpo del silo.

Cilindros al 98 %, con un tratamiento de 724 g/h/m³ y 48 horas de exposición.

5.4.3.4 DESTILAMEX

Bioensayo

Área fumigada: silo metálico de 14 000 m³ con 10 000 t. de maíz.

Colecta de ejemplares de insectos vivos de plagas en granos almacenados, adultos vivos, directamente de las instalaciones del silo (*Sitophilus* spp., *Oryzaephilus* spp., y *Cryptolestes* spp). Colocación de 10 individuos en estado adulto por especie, en frascos de plástico con tapa, cubiertos con malla de tela y etiquetados por especie, repetición y nivel (tratamiento) en el que serán colocados. La unidad experimental estuvo definida como un frasco con insectos plaga vivos.



Diseño experimental

Al azar con 9 tratamientos (8 niveles o sitios de evaluación y 1 testigo absoluto). Cada unidad experimental o repetición para la realización del bioensayo le correspondió a un frasco con 10 adultos por especie a evaluar. Fue evaluado el porcentaje de mortalidad por especie. Las unidades experimentales fueron distribuidas en la parte superior, entradas de aires y caídas del silo.

El fumigante se aplicó en el silo con un sistema de recirculación de aire para homogeneizar el producto en el total del cuerpo del silo con cilindros al 98 %, con un tratamiento de 724 g/h/m³, con 72 horas de exposición.

5.4.3.5 Servicios Agropecuarios de la Costa

Bioensayo

Área fumigada: Silo metálico de 14 000 m³ con 10 000 t de maíz.

Colecta de insectos plaga en granos almacenados en estados de larvas y adultos vivos, de *Sitophilus* spp., *Tribolium* spp. y *Rhyzopertha* spp. Se colocaron 100 individuos en estado larval y la misma cantidad de adultos por especie, en frascos de plástico con tapa, cubiertos con malla de tela y etiquetados por especie, repetición, sitio o nivel (tratamiento) en el que serían colocados. La unidad experimental representada por un frasco con insectos plaga (larvas y adultos) vivos.

Diseño experimental

Aleatorio con 9 tratamientos en 8 niveles o sitios de evaluación y 1 testigo absoluto. Cada unidad experimental o repetición estaba representada por un frasco con 100 larvas y 100 adultos por especie a evaluar. Fue evaluado el porcentaje de mortalidad en larva y adulto por especie. Las unidades experimentales se distribuyeron en la parte superior, entradas de aires y caídas del silo.

Cilindros al 98 %, con un tratamiento aplicado de 724 g/h/m³ con 60 horas de exposición.

5.4.4 Resultados de la aplicación de fluoruro de sulfurilo

5.4.4.1 Museo Regional de Guadalajara

El ensayo mostró que la acción del fluoruro de sulfurilo tuvo una diferencia estadística significativamente superior con respecto al testigo en poblaciones de insectos plaga: *Tribolium* spp., Anobidos y Derméstidos, con porcentajes de control del 100 %.

Con la distribución del producto fluoruro de sulfurilo dentro de la cámara de fumigación en las 8 unidades experimentales hasta las 18 horas se obtuvo un buen resultado, ya que conservó la concentración recomendada de 29.41 g/m³. Esta capacidad de conservar la concentración del producto durante las 8 horas después de la aplicación fue determinante, ya que con esto se logró el 100 % de mortalidad de la población de insectos plaga en los bioensayos.

▼ **Tabla 18.** Museo Regional de Guadalajara. Comparación de medias Tukey para la variable porcentaje de mortalidad sobre adultos de las especies plaga: *Tribolium* spp., anobidos y derméstidos con la aplicación de fluoruro de sulfurilo 18 horas después de la aplicación

Tratamiento	Adultos <i>Tribolium</i> spp.		
	Media % de mortalidad	Grupo estadístico*	
T1: Testigo absoluto	0.0	B	
T2: Fluoruro de sulfurilo	U.E. 1	100	A
	U.E. 2		
	U.E. 3		
	U.E. 4		
	U.E. 5		
	U.E. 6		
	U.E. 7		
	U.E. 8		

Con la distribución del producto fluoruro de sulfurilo dentro de la cámara de fumigación en las 8 unidades experimentales hasta las 18 horas se obtuvo un buen resultado, ya que conservó la concentración recomendada de 29.41 g/m³. Esta capacidad de conservar la



concentración del producto durante las 8 horas después de la aplicación fue determinante, ya que con esto se logró el 100 % de mortalidad de la población de insectos plaga en los bioensayos.

La concentración de fluoruro de sulfuro en toda la cámara de fumigación a las 18 horas después de la aplicación (de acuerdo a las lecturas tomadas) indica una adecuada homogeneidad del producto y la dosis empleada fue conveniente en relación al porcentaje de mortalidad en comparación al mostrado en el testigo.

▼ **Tabla 19.** Museo Regional de Guadalajara. Resultado del tratamiento a 29 g/m³ de fluoruro de sulfuro por 18 horas en cámara de fumigación

Unidad Experimental	Repetición I				Repetición II			
	Previa aplicación		8 horas dda*		Previa aplicación		8 horas dda	
	Organismos vivos	Organismos muertos	Organismos vivos	Organismos muertos	Organismos vivos	Organismos muertos	Organismos vivos	Organismos muertos
1	5	0	0	5	5	0	0	5
2	5	0	0	5	5	0	0	5
3	5	0	0	5	5	0	0	5
4	5	0	0	5	5	0	0	5
5	5	0	0	5	5	0	0	5
6	5	0	0	5	5	0	0	5
7	5	0	0	5	5	0	0	5
8	5	0	0	5	5	0	0	5
Testigo absoluto	5	0	5	0	5	0	5	0

*Después de la aplicación.

5.4.4.2 BIDASEM

La prueba de comparación de medias Tukey, demostró el 100 % de mortalidad de las especies *Rhyzopertha dominica* y *Sitophilus granarium*, donde se aplicó fluoruro de sulfuro.

▼ **Tabla 20.** Bidasem. Comparación de medias Tukey para la variable porcentaje de mortalidad de las especies plaga *Rhyzopertha dominica* y *Sitophilus granarium* con la aplicación de fluoruro de sulfuro

Tratamiento	Especies plaga	
	<i>Rhyzopertha dominica</i> y <i>Sitophilus granarium</i>	
	Porcentaje % de mortalidad	Grupo estadístico*
Tratamiento 1 Testigo absoluto	0.0	B
Tratamiento 2 Fluoruro de sulfuro	100.0	A

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

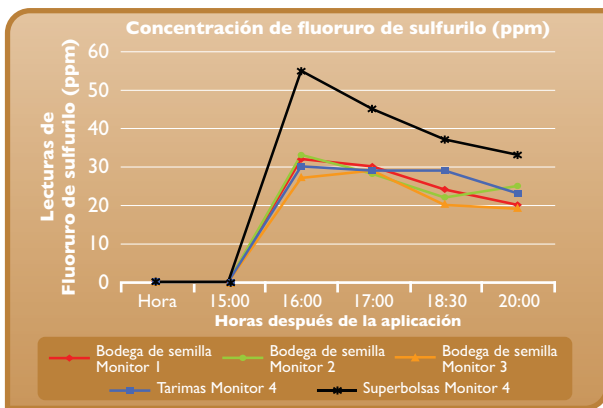
De acuerdo al análisis de varianza en la especie evaluada al menos uno de los tratamientos mostró diferencia estadística significativa con respecto al testigo.

El comportamiento en cuanto a la distribución del fumigante fluoruro de sulfuro, dentro del espacio tratado durante el tiempo que duro la exposición (4.5 horas), fue notable, ya que se conservaron los niveles de concentración para ejercer un buen efecto sobre las especies plaga evaluadas, lo cual se aprecia en los porcentajes de control.

▼ **Tabla 21.** Bidasem. Concentraciones de fluoruro de sulfuro en 6,850 m³

Hora	Lecturas de fluoruro de sulfuro (ppm)				
	Monitor 1	Monitor 2	Monitor 3	Monitor 4	Monitor 5
15:00	0	0	0	0	5
16:00	32	33	27	30	55
17:00	30	28	29	29	45
18:30	24	22	20	29	37
20:00	20	25	19	23	33

La relación dosis- mortalidad con tratamiento de fluoruro de sulfuro fue muy superior a la mortalidad en el testigo.



◀ **Figura 12.** Bidasem. Concentraciones de fluoruro de sulfuro en cinco monitores

La presencia de concentraciones de fluoruro de sulfuro en todo el espacio tratado, indica una adecuada homogeneidad del fumigante evaluado, distribuyéndose uniformemente y sin fugas que pudieran considerarse un factor significativo sobre la acción del producto.

5.4.4.3 COPANAC

Los resultados en las tres especies evaluadas en este ensayo presentaron un 100 % de mortalidad en los adultos de las especies plagas estudiadas.

▼ **Tabla 22.** COPANAC. Comparación de medias Tukey para la variable porcentaje de mortalidad sobre adultos de *Sitophilus spp.*, *Oryzaephilus spp.*, *Tribolium spp.*, y *Cryptolestes spp.*, con la aplicación de fluoruro de sulfuro

Sitio/nivel de Tratamiento	Especie (adultos)							
	<i>Sitophilus spp.</i>		<i>Oryzaephilus spp.</i>		<i>Tribolium spp.</i>		<i>Cryptolestes spp.</i>	
	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*
1	100	A	100	A	100	A	100	A
2	100	A	100	A	100	A	100	A
3	100	A	100	A	100	A	100	A
4	100	A	100	A	100	A	100	A
5	100	A	100	A	100	A	100	A
6	100	A	100	A	100	A	100	A
7	100	A	100	A	100	A	100	A
8	100	A	100	A	100	A	100	A
9 Testigo absoluto	5.25	B	4.85	B	0	B	20.75	B

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.



El análisis de varianza para el porcentaje de mortalidad en adultos mostró una probabilidad de error menor al 0.0001 ($P < > F$), lo que indica diferencias significativas de que, al menos el efecto en uno de los 9 tratamientos evaluados fue diferente a los demás. En este caso la efectividad biológica del producto fue contundente ya que todos los tratamientos con aplicación de fluoruro de sulfurilo fueron diferentes estadísticamente a la respuesta mostrada por el testigo absoluto.

En la prueba de comparación de medias Tukey sobre el porcentaje de mortalidad en las especies evaluadas *Sitophilus* spp., *Oryzaephilus* spp., *Tribolium* spp., y *Cryptolestes* spp.; se observa que estadísticamente el porcentaje de mortalidad o control de las especies plaga es alta y la diferencia se aprecia al compararla directamente con la sobrevivencia de los insectos plaga en el testigo absoluto o sin aplicación.

▼ **Tabla 23.** COPANAC. Resultado del tratamiento a 724 g/h/m³ de fluoruro de sulfurilo por 48 horas en silo metálico con 10 000 t de maíz vs adultos de *Sitophilus* spp.

Unidad Experimental	Repetición I				Repetición II			
	Previa aplicación		48 horas dda*		Previa aplicación		48 horas dda	
	Adultos vivos	Adultos muertos	Adultos vivos	Adultos muertos	Adultos vivos	Adultos muertos	Adultos vivos	Adultos muertos
1	20	0	0	20	20	0	0	20
2	20	0	0	20	20	0	0	20
3	20	0	0	20	20	0	0	20
4	20	0	0	20	20	0	0	20
5	20	0	0	20	20	0	0	20
6	20	0	0	20	20	0	0	20
7	20	0	0	20	20	0	0	20
8	20	0	0	20	20	0	0	20
Testigo absoluto	20	0	18	2	20	0	20	0

*Después de la aplicación.

La efectividad biológica del fluoruro de sulfurilo en todos los niveles o sitios de evaluación a las 48 horas de exposición indicó una mortalidad del 100 % y una adecuada homogeneidad del producto en el cuerpo del silo lograda por el sistema de recirculación de aire dentro del mismo.

5.4.4.4 DESTILAMEX

Los resultados en las tres especies evaluadas en este ensayo presentaron un porcentaje de mortalidad del 100 % para los tratamientos con fluoruro de sulfurilo.

▼ **Tabla 24.** Destilamex. Comparación de medias Tukey para la variable porcentaje de mortalidad sobre adultos de *Sitophilus* spp., *Oryzaephilus* spp. y *Cryptolestes* spp., con la aplicación de fluoruro de sulfurilo

Sitio/nivel de Tratamiento	Especie (adultos)					
	<i>Sitophilus</i> spp.		<i>Oryzaephilus</i> spp.		<i>Cryptolestes</i> spp.	
	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*
1	100	A	100	A	100	A
2	100	A	100	A	100	A
3	100	A	100	A	100	A
4	100	A	100	A	100	A
5	100	A	100	A	100	A
6	100	A	100	A	100	A
7	100	A	100	A	100	A
8	100	A	100	A	100	A
9 Testigo absoluto	5	B	20	B	33.15	B

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

El análisis de varianza aplicado sobre los resultados de los tratamientos con fluoruro de sulfuro sobre *Sitophilus* spp., *Oryzaephilus* spp., y *Cryptolestes* spp., muestran que existe una diferencia estadística significativa entre ellos (o al menos con uno), con un porcentaje de error de 0.0001 ($P > F$). En este caso la efectividad biológica del producto fue contundente ya que todos los tratamientos con aplicación de fluoruro de sulfuro fueron estadísticamente diferentes a la respuesta mostrada por el testigo absoluto.

En la prueba de comparación de medias Tukey sobre el porcentaje de mortalidad en los insectos de *Sitophilus* spp., *Oryzaephilus* spp., y *Cryptolestes* spp., se pudo observar que el control de las plagas fue excelente ya que todos los tratamientos (sitios o niveles) mostraron un 100 % de mortalidad sobre las tres especies evaluadas, las cuales son plagas importantes del maíz en condición de almacén.

La alta efectividad biológica del fluoruro de sulfuro en todos los niveles o sitios de evaluación a las 72 horas de exposición, es indicativa de una adecuada homogeneidad del producto en el cuerpo del silo por el sistema de recirculación de aire dentro del mismo, con lo que se obtuvo la mortalidad total de las plagas.

▼ **Tabla 25.** Destilamex. Resultados de tratamiento a 724 g/h/m³ de fluoruro de sulfuro por 72 horas en silo metálico con 10 000 t de maíz vs adultos de *Sitophilus* spp.

Unidad Experimental	Repetición I				Repetición II			
	Previa aplicación		48 horas dda*		Previa aplicación		48 horas dda	
	Adultos vivos	Adultos muertos	Adultos vivos	Adultos muertos	Adultos vivos	Adultos muertos	Adultos vivos	Adultos muertos
1	10	0	0	10	10	0	0	10
2	10	0	0	10	10	0	0	10
3	10	0	0	10	10	0	0	10
4	10	0	0	10	10	0	0	10
5	10	0	0	10	10	0	0	10
6	10	0	0	10	10	0	0	10
7	10	0	0	10	10	0	0	10
8	10	0	0	10	10	0	0	10
Testigo absoluto	10	0	9	1	10	0	10	0

*Después de la aplicación.

5.4.4.5 Servicios Agropecuarios de la Costa

Los resultados sobre las tres especies evaluadas en este ensayo fueron de 100 % de mortalidad en larvas y adultos, mientras en el testigo absoluto la mortalidad fue menor al 10 %.

▼ **Tabla 26.** Servicios Agropecuarios de la Costa. Comparación de medias Tukey para la variable porcentaje de mortalidad sobre adultos de *Sitophilus* spp., *Tribolium* spp., y *Rhyzopertha* spp., con la aplicación de fluoruro de sulfuro

Sitio/nivel de Tratamiento	Especie (adultos)					
	<i>Sitophilus</i> spp.		<i>Rhyzopertha</i> spp.		<i>Tribolium</i> spp.	
	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*
1	100	A	100	A	100	A
2	100	A	100	A	100	A
3	100	A	100	A	100	A
4	100	A	100	A	100	A
5	100	A	100	A	100	A
6	100	A	100	A	100	A
7	100	A	100	A	100	A
8	100	A	100	A	100	A
9 Testigo absoluto	6.65	B	10.35	B	0.50	B

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.



▼ **Tabla 27.** Servicios Agropecuarios de la Costa. Comparación de medias Tukey para la variable porcentaje de mortalidad sobre larvas de *Sitophilus* spp., *Tribolium* spp; y *Rhyzopertha* spp; con la aplicación de Fluoruro de Sulfurilo

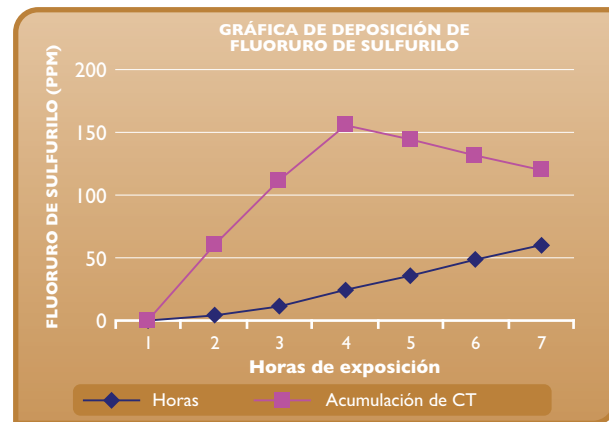
Sitio/nivel de Tratamiento	Especie (larvas)					
	<i>Sitophilus</i> spp.		<i>Rhyzopertha</i> spp.		<i>Tribolium</i> spp.	
	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*	Media % de mortalidad	Grupo*
1	100	A	100	B	100	A
2	100	A	100	A	100	A
3	100	A	100	A	100	A
4	100	A	100	A	100	A
5	100	A	100	A	100	A
6	100	A	100	A	100	A
7	100	A	100	A	100	A
8	100	A	100	A	100	A
9 Testigo absoluto	7.2	B	10.35	B	9.15	B

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

El análisis de varianza para el porcentaje de mortalidad de larvas y adultos mostró una muy baja probabilidad de error (menor al 0.0001 $Pr > F$), lo que significa una alta efectividad biológica del producto.

En la prueba de comparación de medias Tukey sobre el porcentaje de mortalidad en las especies evaluadas (*Sitophilus* spp., *Rhyzopertha* spp. y *Tribolium* spp.), se obtuvo una alta efectividad de control en comparación con el testigo absoluto sin aplicación.

La detección de fluoruro de sulfurilo con los equipos de monitoreo en la parte alta fue evidente al hacer el primer muestreo a las 19:00 hr, con una concentración de 10 g/m³, contra 20 g/m³ en los ductos de aireación. Los monitoreos de concentraciones se hicieron a las 0, 4, 12, 24, 36, 48, 60, 65 horas, arrojando la siguiente acumulación de CT: 0, 60, 112, 156, 144, 132, 120, totalizando el tratamiento de 724 g/h/m³ a las 60 horas de exposición.



▲ **Figura 13.** Servicios Agropecuarios de la Costa. Deposición de fluoruro de sulfurilo en tratamiento de 724 g/h/m³ por 60 horas en silo metálico con 10 000 t de maíz a granel

▼ **Tabla 28.** Servicios Agropecuarios de la Costa. Resultado del tratamiento a 724 g/h/m³ de fluoruro de sulfurilo por 60 horas en silo metálico con 10 000 t de maíz vs adultos y larvas de *Sitophilus* spp.

Unidad Experimental	Repetición I				Repetición II			
	Previa aplicación		60 horas después de la aplicación		Previa aplicación		60 horas después de la aplicación	
	Organismos vivos larvas / adultos*	Organismos muertos larvas / adultos	Organismos vivos larvas / adultos	Organismos muertos larvas / adultos	Organismos vivos larvas / adultos	Organismos muertos larvas / adultos	Organismos vivos larvas / adultos	Organismos muertos larvas / adultos
1	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
2	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
3	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
4	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
5	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
6	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
7	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
8	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
9 Testigo absoluto	100 / 100	0 / 0	88 / 92	8 / 6	100 / 100	0 / 0	92 / 91	7 / 6

*100/100 = a 100 larvas y 100 adultos vivos observados antes de la aplicación del gas de fluoruro de sulfurilo.

▼ **Tabla 29.** Resultado del tratamiento a 724 g/h/m³ de fluoruro de sulfurilo por 60 horas en silo metálico con 10 000 t de maíz vs adultos y larvas de *Rhyzopertha* spp.

Unidad Experimental	Repetición I				Repetición II			
	Previa aplicación		60 horas después de la aplicación		Previa aplicación		60 horas después de la aplicación	
	Organismos vivos larvas / adultos*	Organismos muertos larvas / adultos	Organismos vivos larvas / adultos	Organismos muertos larvas / adultos	Organismos vivos larvas / adultos	Organismos muertos larvas / adultos	Organismos vivos larvas / adultos	Organismos muertos larvas / adultos
1	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
2	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
3	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
4	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
5	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
6	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
7	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
8	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
9 Testigo absoluto	100 / 100	0 / 0	98 / 90	3 / 14	100 / 100	0 / 0	98 / 89	5 / 7

*100/100 = a 100 larvas y 100 adultos vivos observados antes de la aplicación del gas de fluoruro de sulfurilo.

Al término del tratamiento no se contabilizó el total de organismos muertos por unidad experimental, se registro exclusivamente la presencia de vivos, por esto el error experimental en los tratamientos es prácticamente nulo, a excepción del testigo absoluto.

▼ **Tabla 30.** Servicios Agropecuarios de la Costa. Resultado del tratamiento a 724 g/h/m³ de fluoruro de sulfurilo por 60 horas en silo metálico con 10 000 t de maíz vs adultos y larvas de *Tribolium* spp.

Unidad Experimental	Repetición I				Repetición II			
	Previa aplicación		60 horas después de la aplicación		Previa aplicación		60 horas después de la aplicación	
	Organismos vivos larvas / adultos*	Organismos muertos larvas / adultos	Organismos vivos larvas / adultos	Organismos muertos larvas / adultos	Organismos vivos larvas / adultos	Organismos muertos larvas / adultos	Organismos vivos larvas / adultos	Organismos muertos larvas / adultos
1	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
2	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
3	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
4	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
5	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
6	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
7	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
8	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100	100 / 100	0 / 0	0 / 0	100 / 100
9 Testigo absoluto	100 / 100	0 / 0	99 / 100	2 / 0	100 / 100	0 / 0	87 / 98	17 / 1

*100/100 = a 100 larvas y 100 adultos vivos observados antes de la aplicación del gas de fluoruro de sulfurilo.



5.5.3 Resumen de hallazgos con el uso de fluoruro de sulfurilo

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 mortalidad 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 sulfurilo en el control de *Sitophilus* spp., *Rhyzopertha* spp. y *Tribolium* spp., con niveles del 100 % de mortalidad.

VI. CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados obtenidos en los proyectos piloto resultaron altamente satisfactorios, ya que han mostrado la viabilidad de las diferentes alternativas aplicadas para la sustitución del bromuro de metilo como fumigante en el almacenaje de productos.

La SEMARNAT, a través de la Unidad de Protección a la Capa de Ozono, continúa trabajando en el mantenimiento de la integridad de la Capa de Ozono para cumplir con los compromisos adquiridos por México ante el Protocolo de Montreal.

México ha respondido a su encomienda. Con más de cien proyectos desde 1987 a la fecha, se ha logrado la eliminación total del consumo de clorofluorocarbonos, halones y tetracloruro de carbono.

En 2005, México cumplió la meta de eliminación del 20% del consumo de bromuro de metilo. Con la instrumentación del Plan Nacional de Eliminación, en 2009 México eliminó el consumo de 167 toneladas más de bromuro de metilo, alcanzando una reducción total del 29 % del consumo de esta sustancia, a partir de la línea base establecida en 1998.

Las acciones derivadas de la alerta mundial sobre la necesidad de mantener la integridad de la Capa de Ozono han dado frutos. Se prevé que si todos los países cumplen sus compromisos, la recuperación de la Capa de Ozono se logrará en el 2050. La fecha parece lejana, sin embargo, es apenas suficiente para reparar los daños ocasionados a este filtro solar.

ÍNDICE DE TABLAS

- TABLA 1. Talleres de capacitación en el sector almacenaje
- TABLA 2. Temas de interés y preferencias de alternativas al Bromuro de Metilo
- TABLA 3. Criterios de selección de empresas
- TABLA 4. Criterios para la elaboración de diagnósticos de las empresas
- TABLA 5. Información base para los planes de asistencia técnica
- TABLA 6. Empresas participantes en proyectos piloto
- TABLA 7. Gamesa. Comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable % de mortalidad sobre adultos y larvas de *Tribolium* spp.; y adultos de *Lasioderma* spp., con la aplicación de fosfina más bióxido de carbono 24 horas después de la aplicación
- TABLA 8. Gamesa. Comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable % de mortalidad sobre adultos y larvas de *Tribolium* spp.; y adultos de *Lasioderma* spp., con la aplicación de fosfina más bióxido de carbono 48 horas después de la aplicación
- TABLA 9. Gamesa. Monitoreo de concentraciones de fosfina y bióxido de carbono
- TABLA 10. Tablex Miller. Comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable porcentaje de mortalidad sobre *Tribolium* spp., *Rhyzopertha* spp.; y *Cryptolestes* spp., con la aplicación de fosfina más bióxido de carbono
- TABLA 11. Tablex Miller. Lecturas del monitoreo
- TABLA 12. Tablex Miller. Comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) para el efecto del factor acceso sobre la variable porcentaje de mortalidad sobre *Tribolium* spp., *Rhyzopertha* spp.; y *Cryptolestes* spp., con la aplicación de fosfina más bióxido de carbono
- TABLA 13. Grupo Altex. Comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable % de mortalidad sobre adultos y larvas de *Tribolium* spp.; y adultos de *Lasioderma* spp., con la aplicación de fosfina 72 horas después de la aplicación
- TABLA 14. Grupo Altex. Comparación de medias Tukey entre estados de desarrollo
- TABLA 15. Grupo Altex. Comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable porcentaje de mortalidad sobre adultos de las especies plaga: *Tribolium* spp., anobidos y derméstidos con la aplicación de fluoruro de sulfuro 18 horas después de la aplicación
- TABLA 16. Palmex Alimentos. Comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable % de mortalidad sobre adultos y larvas de *Tribolium* spp.; y adultos de *Lasioderma* spp., con la aplicación de fosfina 72 horas después de la aplicación
- TABLA 17. Palmex Alimentos. Monitoreo de fumigación con fosfina en diferentes lecturas
- TABLA 18. Museo Regional de Guadalajara. Comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable porcentaje de mortalidad sobre adultos de las especies plaga: *Tribolium* spp., anobidos y derméstidos con la aplicación de fluoruro de sulfuro 18 horas después de la aplicación
- TABLA 19. Museo Regional de Guadalajara. Resultado del tratamiento a 29 g/m³ de fluoruro de sulfuro por 18 horas en cámara de fumigación
- TABLA 20. Bidasem. Comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable porcentaje de mortalidad de las especies plaga *Rhyzopertha dominica* y *Sitophilus granarium* con la aplicación de fluoruro de sulfuro

- TABLA 21.** Bidasem. Concentraciones de fluoruro de sulfurilo en 6,850 m³
- TABLA 22.** COPANAC. Comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable porcentaje de mortalidad sobre adultos de *Sitophilus* spp., *Oryzaephilus* spp., *Tribolium* spp., y *Cryptolestes* spp., con la aplicación de fluoruro de sulfurilo
- TABLA 23.** COPANAC. Resultado del tratamiento a 724 g/h/m³ de fluoruro de sulfurilo por 48 horas en silo metálico con 10 000 t de maíz vs adultos de *Sitophilus* spp.
- TABLA 24.** Destilamex. Comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable porcentaje de mortalidad sobre adultos de *Sitophilus* spp., *Oryzaephilus* spp. y *Cryptolestes* spp., con la aplicación de fluoruro de sulfurilo
- TABLA 25.** Destilamex. Resultados de tratamiento a 724 g/h/m³ de fluoruro de sulfurilo por 72 horas en silo metálico con 10 000 t de maíz vs adultos de *Sitophilus* spp.
- TABLA 26.** Servicios Agropecuarios de la Costa. Comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable porcentaje de mortalidad sobre adultos de *Sitophilus* spp., *Tribolium* spp., y *Rhyzopertha* spp., con la aplicación de fluoruro de sulfurilo
- TABLA 27.** Servicios Agropecuarios de la Costa. Comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable porcentaje de mortalidad sobre larvas de *Sitophilus* spp., *Tribolium* spp; y *Rhyzopertha* spp; con la aplicación de fluoruro de sulfurilo
- TABLA 28.** Servicios Agropecuarios de la Costa. Resultado del tratamiento a 724 g/h/m³ de fluoruro de sulfurilo por 60 horas en silo metálico con 10 000 t de maíz vs adultos y larvas de *Sitophilus* spp.
- TABLA 29.** Servicios Agropecuarios de la Costa. Resultado del tratamiento a 724 g/h/m³ de fluoruro de sulfurilo por 60 horas en silo metálico con 10 000 t de maíz vs adultos y larvas de *Rhyzopertha* spp.
- TABLA 30.** Servicios Agropecuarios de la Costa. Resultado del tratamiento a 724 g/h/m³ de fluoruro de sulfurilo por 60 horas en silo metálico con 10 000 t de maíz vs adultos y larvas de *Tribolium* spp.

ÍNDICE DE FIGURAS

- FIGURA 1.** Interés en la asistencia técnica
- FIGURA 2.** Gamesa. Concentraciones de fosfina en diferentes partes del silo en rangos de tiempo después de la aplicación.
- FIGURA 3.** Gamesa. Porcentaje de CO₂ después de la aplicación
- FIGURA 4.** Tablex Miller. Disipación de fosfina
- FIGURA 5.** Tablex Miller. Disipación de bióxido de carbono
- FIGURA 6.** Grupo Altex. Comparación del porcentaje de mortalidad con la aplicación de fosfina liberada con fosforo de aluminio y fosforo de magnesio
- FIGURA 7.** Palmex Alimentos. Concentraciones espaciales de fosfina a diferentes horas de medición
- FIGURA 8.** CP. Ingredientes. Captura de individuos adultos de *Plodia interpunctella* con feromona sexual multiespecie
- FIGURA 9.** CP. Ingredientes. Captura de individuos de *Plodia interpunctella* por fecha de evaluación
- FIGURA 10.** CP. Ingredientes. Captura total en almacén
- FIGURA 11.** CP. Ingredientes. Capturas totales en envases de féculas y almacén
- FIGURA 12.** Bidasem. Concentraciones de fluoruro de sulfurilo en cinco monitores
- FIGURA 13.** Servicios Agropecuarios de la Costa. Deposición de fluoruro de sulfurilo en tratamiento de 724 g/h/m³ por 60 horas en silo metálico con 10 000 t de maíz a granel

Información

Unidad de Protección a la Capa de Ozono
<http://sissao.semarnat.gob.mx>

Avenida Revolución No. 1425 Nivel 39
Colonia Tlacopac, San Angel
01040. México, D.F. MÉXICO
Tel.: (52 55) 56 24 35 52

agustín.sánchez@semarnat.gob.mx
sofia.urbina@semarnat.gob.mx

Diseño: mediatikabrokers.com

