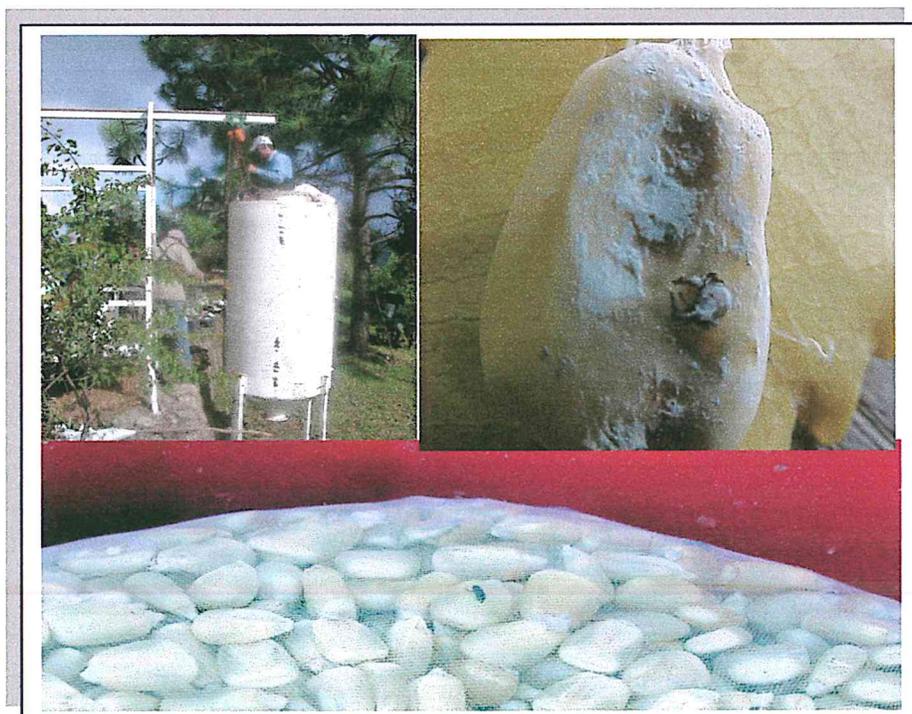




**INFORME FINAL DEL PROYECTO: "EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE BIÓXIDO DE CARBONO, FOSFURO DE ALUMINIO, DIATOMEAS Y DELTAMETRINA COMO ALTERNATIVAS AL BROMURO DE METILO EN FUMIGACIÓN ESTRUCTURAL EN TRES DIFERENTES ZONAS EN EL ESTADO DE SINALOA"**



**INVESTIGADORES PARTICIPANTES**

MC. GPE. ALFONSO LÓPEZ URQUÍDEZ  
MC. JOSÉ MANUEL CASTRO CARVAJAL  
MC. JACOBO ENRIQUE CRUZ ORTEGA  
ING. FEDERICO RUÍZ QUINTERO  
MC. JOSÉ REFUGIO GAMBOA DÍAZ  
ING. OFELIA MARTÍNEZ PÉREZ  
DR. IGNACIO VELÁSQUEZ DIMAS

CULIACÁN, SINALOA, MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2004

## PRÓLOGO

El Bromuro de Metilo tiene un número considerable de aplicaciones en diferentes áreas de producción, incluida la producción agrícola y su conservación en los almacenes. Este gas es de fácil aplicación, de acción rápida, muy eficaz, requiere de poca infraestructura para su aplicación y es muy económico. Sin embargo, tiene el inconveniente de que daña a la capa de ozono. Por esta razón es necesario encontrar alternativas que permitan ir disminuyendo gradualmente el uso del Bromuro de Metilo en todas las áreas en las que actualmente se aplica.

México tiene el compromiso ante el Protocolo de Montreal, en materia de Bromuro de Metilo, de reducir el consumo en un 20% en relación a la línea base a partir del 1º de enero de 2005. Por tal motivo se presenta esta investigación en la idea de que se implementen propuestas que sean viables técnica y económicamente para reducir el uso del Bromuro de Metilo.

El desarrollo de este proyecto es una continuación de evaluaciones anteriores en las que se probaron muchas alternativas para el control de granos almacenados a nivel piloto en la Facultad de Agronomía. De aquí se seleccionaron las de mejores resultados tanto técnicos como económicos. Este trabajo contiene una evaluación de diferentes alternativas al Bromuro de Metilo, para el control de plagas de granos almacenados. Estas alternativas son el Bióxido de Carbono, Fosfuro de Aluminio, Deltametrina y Tierra Diatomea probadas en cuatro regiones climáticas de Sinaloa. Se presentan sus resultados técnicos y económicos. Estas cuatro resultaron ser alternativas viables, sin embargo, cada una de ellas además de ventajas, también tiene sus desventajas.

## RESUMEN EJECUTIVO

Se realizó un estudio para encontrar alternativas al bromuro de metilo para controlar plagas de granos almacenados. El proceso inicia con la evaluación de alternativas como lo es: aplicación de frío, calor, fosfuro de aluminio, deltametrina, tierra de diatomeas, bióxido de carbono, combinación estas alternativas, todos ellos en diferentes dosis de aplicación. Posteriormente se hace una depuración, eliminándose del estudio las alternativas de calor y frío, por ser de difícil manejo y de alto costo al nivel comercial.

Las alternativas que resultaron mejor en la primera etapa fueron tierra diatomea, fosfuro de aluminio bióxido de carbono y deltametrina.

Posteriormente se realizaron estudios para determinar la eficiencia de deltametrina, bióxido de carbono, tierra de diatomeas y fosfuro de aluminio en cuatro regiones climáticas del estado de Sinaloa. Estas zonas son: Ahome (Los Mochis), a 25° 47' Latitud Norte, 108°59' Longitud Oeste, altitud de 14m. El clima es desértico. Escuinapa, se encuentra localizado a 22°50' Latitud Norte, 105°29' Longitud Oeste, altitud de 15m. El clima es Cálido Subhúmedo. El Palmito, Concordia localizado a 23° 26' Latitud Norte, 105°50' Longitud Oeste, altitud de 1875m. El clima de es templado subhúmedo y Culiacán. a 24°49' Latitud Norte, 107°24' Longitud Oeste, altitud de 62 m. El clima es Semiárido.

Sinaloa es una entidad federativa que se ubica entre los paralelos 22° 3'1' y 26° 56' latitud norte y entre los meridianos 105° 24' y 109° 27' de longitud oeste (INEGI, 1995), en la parte noroeste de la República Mexicana.

Para la realización de esta prueba se usó un contenedor portátil adaptado para el almacenamiento de los granos y semillas, el cual cuenta con una capacidad de 2066 litros.

El diseño experimental usado en todos los lugares de prueba fue un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones; los tratamientos evaluados en los cuatro lugares fueron: 1) CO<sub>2</sub> (0.5 kg / m<sup>3</sup>), 2); Fosfuro de aluminio, 3 pastillas / t; 3) Diatomea al 0.05% (0.5 g / kg de grano); 4) Deltametrina al 2.5% (16 cc / t de K-OBIOL + BUTOXIDO DE PIPERONILO) ;y 5) un Testigo sin aplicación. Las plagas en estudio fueron; *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum* en trigo, *Sitophilus zeamais* en maíz, *Callosobruchus* sp. en garbanzo y *Zabrotes subfasciatus* en frijol.

También se evaluó el efecto de los tratamientos sobre los granos sobre el color, tiempo de cocción, contenido de proteínas y color de los granos.

Para evaluar el costo de cada alternativa se realizaron encuestas en las principales empresas que almacenan granos en la entidad. Así mismo se hicieron entrevistas a personas que trabajan en las principales empresas que venden productos y equipo de protección para el control de plagas. Obteniendo así, los que oscilan en el mercado; utilizando costos promedios para cada caso estudiado. Para la obtención de los costos de las alternativas de este estudio de factibilidad económica, se hicieron análisis de los gastos dándole tres proyecciones diferentes. Primero considerando los costos del producto e insumos para protección, por tonelada de grano En segundo lugar, considerando únicamente la aplicación del producto por tonelada de grano.

En principio todas las alternativas al bromuro de metilo fueron mejores estadísticamente que el tratamiento testigo. Entre ellos también se mostraron algunas diferencias entre tratamientos y entre regiones. Se puede considerar que, en términos de efectividad las cuatro son buenas alternativas para el control de granos almacenados y la mejor es el fosforo de aluminio.

En el siguiente cuadro se muestra un resumen de los resultados en forma cualitativa para cada una de las alternativas con cada uno de sus efectos.

<b>Resumen de los resultados de las cuatro alternativas al bromuro de metilo para el control de plagas en granos almacenados</b>									
<b>CONCEPTO</b>	Daño al ambiente	Efectividad	Facilidad aplicación	Economía	DAÑO AL GRANO				Total
					Cocción	Color	Nutrientes	Germinación	
Bióxido de carbono	3	9	7	8	10	10	10	10	67
Fosforo de aluminio	3	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	10	10	10	10	<b>73</b>
Deltametrina	6	9	9	6	10	10	10	10	70
Diatomea	<b>10</b>	9	8	7	10	10	10	10	74

La escala cualitativa es del 1 al 10, uno es considerado como lo malo y 10 se considera como lo mejor.

En general, el mejor tratamiento para el control de plagas en granos almacenados es el fosforo de aluminio, además es de fácil aplicación y el más barato, mientras que la más cara fue la deltametrina.

El bióxido de carbono también es una opción viable, sin embargo, requiere de un acondicionamiento especial de las bodegas que en la actualidad están construidas, o

bien que el grano se almacene en silos bolsas, que eviten que el bióxido de carbono se salga.

En lo que se refiere a la tierra diatomea es una buena alternativa desde el punto de vista ecológico, sin embargo, es de las más costosas. Su aplicación en las actuales condiciones es viable para productos que sean considerados como orgánicos, dado que estos tienen un mayor valor y compensarían los costos por aplicación de diatomeas.

La Deltametrina se puede utilizar como una medida preventiva, haciendo las aplicaciones alrededor de los almacenes para eliminar a las plagas que estén llegando a las bodegas.

En el informe anterior se reportó que los distintos tratamientos no tenían efecto en el contenido de proteínas de los granos. Ahora se realizó el análisis de la influencia de los tratamientos en el tiempo de cocción y el color de los granos. Se tomó como base la semilla de frijol por que el consumidor considera importantes estas características en este grano.

Los productos aplicados para el control de plagas no afectan el contenido de proteínas, tiempo de cocción ni el color del grano, puesto que no se presentaron diferencias estadísticas significativas. Sin embargo el tiempo de almacenamiento sí fue un factor que alteró las características del grano. El frijol almacenado durante 18 meses requirió aproximadamente un 50% más de tiempo de cocción que el frijol con un tiempo de almacenamiento de 6 meses.

Se observa que la alternativa de más alto costo es la deltametrina y la de menor el fosforo de aluminio. Los costos se obtuvieron a 3 meses y a un año, siendo para el Bromuro de Metilo de \$2.94 y \$11.76 respectivamente; Fosforo de Aluminio \$2.70 y \$10.80; Deltametrina \$7.92 y \$31.68; Diatomeas \$25.00 y \$25.00; Bióxido de Carbono \$5.09 y \$20.34. La diatomea, siendo la de más alto costo para protección a tres meses, en el caso de protección al grano durante un año, baja considerablemente el costo situándose después del CO<sub>2</sub>. Esto debido a que se hace una sola aplicación, a diferencia de las otras alternativas; que se hacen cada tres meses o antes en caso de incidencia de plagas.

	<b>PÁGINA</b>
<b>PRIMERA PARTE:</b> .....	1
<b>EVALUACIÓN ZONAL</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I. Introducción</b> .....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Objetivo .....	3
<b>CAPÍTULO II. Materiales y Métodos</b>	
2.1. Descripción de las áreas climáticas de estudio .....	4
2.1.1. Clima de Los Mochis, Sinaloa .....	5
2.1.2. Clima de Escuinapa, Sinaloa .....	7
2.1.3. Clima de Culiacán, Sinaloa .....	8
2.1.4. Clima de El Palmito, Concordia, Sinaloa. ....	9
2.2. Diseño experimental y realización de la prueba .....	9
2.3. Variables de respuesta .....	14
<b>CAPÍTULO III. Resultados</b>	
3.1. Efecto de los tratamientos en el control de los granos almacenados .....	15
<b>CAPÍTULO IV. Conclusiones</b> .....	21
<hr/>	
<b>SEGUNDA PARTE</b> .....	22
<b>EVALUACIÓN QUÍMICA</b> .....	22
<b>CAPÍTULO V. Efecto de los tratamientos en los granos</b> .....	23
5.1. Análisis del tiempo de cocción para la semilla de frijol.....	23
5.2. Determinación del color del grano .....	24

**PRIMERA PARTE**  
**EVALUACIÓN ZONAL**

---

---

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Antecedentes

Los seres vivos están en una lucha constante por la obtención de alimento. Los granos básicos para la alimentación del pueblo mexicano son principalmente el maíz, el trigo y frijol, entre otros. Sin embargo, estos granos se ven seriamente afectados por factores abióticos o bióticos. Con respecto a estos últimos, los insectos son los que mayor daño causan a los granos almacenados existiendo más de 300 especies asociadas con estos productos, pero de éstas, solamente se considera a unas 15 especies de distribución cosmopolita de importancia económica primordial.

Uno de los factores más importantes que ocasiona daños a los granos almacenados son las plagas de insectos, las cuales, si no se controlan de manera oportuna, reducen drásticamente la calidad y cantidad de los productos. Para contrarrestar el daño, el hombre ha tenido que emplear estrategias diversas, siendo la aplicación del bromuro de metilo una de ellas, así mismo se usa fosfuro de aluminio, deltametrina y Malatión.

Ante los retos que se presentan, en México, al igual que en otros países del mundo, se considera necesario implementar alternativas que busquen por un lado reducir los daños que causan las plagas de los granos almacenados y por otro, que no dañen al ambiente, en especial a la capa de ozono. Es por eso que en el ámbito mundial se han probado diferentes alternativas para el control de las plagas de almacén, dentro de las cuales podemos mencionar los tratamientos basados en calor y frío, el uso de extractos vegetales y sustancias minerales (cenizas, diatomea, etc.), feromonas como sustancias de atracción, control biológico y el uso de sustancias químicas que preferentemente sean de bajo poder residual y no provoquen efectos alternos en los granos y semillas y que no dañen al ambiente y a la salud humana.

También se han aplicado diferentes gases, entre los cuales se encuentra el bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Este gas afecta varias características fisiológicas, metabólicas, químicas y de conducta de los insectos. El bióxido de carbono ha sido estudiado por muchos años al nivel de laboratorio y también se ha utilizado para el control de insectos en la industria alimenticia.

Una de las causas principales de la toxicidad del  $\text{CO}_2$  en los insectos es el efecto que tiene sobre el estímulo de cobertura de los espiráculos que regulan la respiración. Este hecho

induce de forma indirecta en la pérdida de agua y posterior desecación. También produce acidificación en los fluidos internos, lo que crea modificaciones en muchas vías metabólicas afectando al crecimiento, desarrollo y reproducción. El CO<sub>2</sub> es una buena alternativa a los productos tradicionales (bromuro de metilo, fosfinas, insecticidas) ya que ha sido altamente eficaz en las situaciones en las que hasta ahora se ha probado. Se trata de una tecnología medioambiental más "limpia" y sin riesgos toxicológicos (no residuos, uso alimentario, sin plazo de seguridad, reciclable, etcétera). Las dos vías de uso del CO<sub>2</sub> son: las atmósferas modificadas ricas en CO<sub>2</sub> y los tratamientos con CO<sub>2</sub> a alta presión. Sin embargo, es necesario asentar que este gas puede causar efecto de invernadero en la atmósfera; por lo que hay que usarlo de manera controlada y determinar una técnica de secuestro atmosférico para minimizar estos daños, ya que se ha comprobado su alta eficiencia en el control de las plagas de granos almacenados.

Con el fin de determinar la eficiencia de las nuevas alternativas al bromuro de metilo para la fumigación en espacios cerrados para el control de plagas en diferentes regiones del Estado de Sinaloa (desértica, semidesértica, semihúmeda y templada) se decidió realizar el presente trabajo con el siguiente objetivo general:

## **1.2. Objetivo**

**Determinar la eficiencia de deltametrina, bióxido de carbono, tierra de diatomeas y fosfuro de aluminio en tres regiones climáticas del estado de Sinaloa.**

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Descripción de las áreas climáticas de estudio

El trabajo experimental se realizó en cuatro regiones con diferente clima en el Estado de Sinaloa: Ahome (Los Mochis), Escuinapa, El Palmito, Concordia y Culiacán.

Sinaloa es una entidad federativa que se ubica entre los paralelos  $22^{\circ} 3' 1''$  y  $26^{\circ} 56'$  latitud norte y entre los meridianos  $105^{\circ} 24'$  y  $109^{\circ} 27'$  de longitud oeste (INEGI, 1995), en la parte noroeste de la República Mexicana, como se puede observar en la Fig. 1.

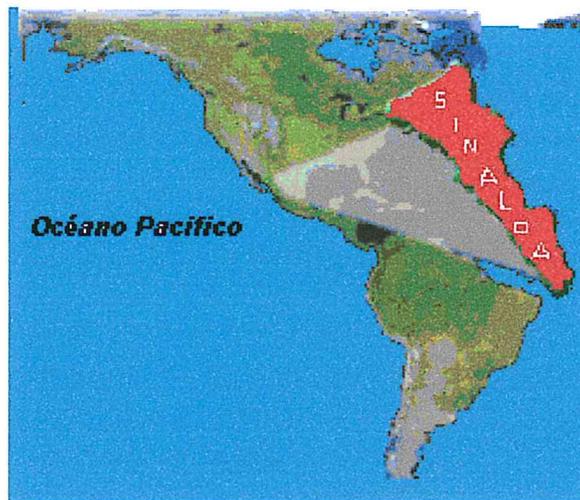


Figura 1. Ubicación de Sinaloa en la República Mexicana

Se tomaron cuatro regiones climáticas de Sinaloa, geográficamente distantes entre sí, como se puede observar en la Figura 2.



Figura 2. Ubicación geográfica de los sitios en los que se realizaron los experimentos (puntos verdes)

### 2.1.1. Clima de Los Mochis, Sinaloa

El sitio de estudio se encuentra localizado a 25° 47' Latitud Norte, 108°59' Longitud Oeste, altitud de 14 m. El clima de Los Mochis, Sinaloa es desértico (García,1988), con una precipitación anual promedio de 301.2 mm, distribuidos principalmente en los meses de julio (47.7 mm), agosto (84.0 mm) y septiembre (74.7 mm). Así mismo, los meses más secos son marzo (3.9 mm), abril (6 mm) y mayo (0.9 mm), teniendo por lo tanto un régimen de lluvias de verano. En lo referente a la temperatura, el clima de Los Mochis es muy cálido, con una temperatura media anual de 24. 9° C. Los promedios de temperaturas más bajas de los tres meses más fríos son: enero con 18.3° C, febrero, con 19.2° C y diciembre con 19.2° C. Los meses más calientes son julio con 31.2° C, agosto con 30.9° C y septiembre con 30.4° C. por lo que la oscilación térmica es extrema. La fórmula climática del sitio es BW(h')w(e).

Los datos de temperatura y humedad relativa en el tiempo de trabajo en Los Mochis se muestran en los cuadros 1 y 2. La información de humedad y temperatura se tomaron con un termohigrómetro Control Company (Figura 3).



Fig. 3. Termohidrómetro utilizado para medir humedad y temperatura en los sitios de experimentación.

Cuadro 1. Condiciones de temperatura que se registraron durante el desarrollo del experimento en Los Mochis, Sinaloa.

	T°C				días			
	1	2	3	4	5	6	7	
Mínima	25.4	28.1	28.4	27.5	25.2	26.1	23.9	
Máxima	37.9	37.5	37.3	36	38	35.5	30.5	
Media	31.4	32.7	32.7	31.8	31.3	29.5	27.2	

Cuadro 2. Condiciones de humedad relativa que se registraron durante el desarrollo del experimento en Los Mochis, Sinaloa.

	H R(%)				días			
	1	2	3	4	5	6	7	
Mínima	40	39	40	38	39	40	77	
Máxima	80	75	71	80	85	93	99	
Media	60	58	56	60	65	72	90	

### 2.1.2. Clima de Escuinapa, Sinaloa

El sitio de estudio se encuentra localizado a 22°50' Latitud Norte, 105°29' Longitud Oeste, altitud de 15 m. El clima de Escuinapa es Cálido Subhúmedo, con una precipitación anual de 922.3mm, distribuidos principalmente en los meses de julio (185.8 mm), septiembre (165.6 mm) y octubre (162.6 mm). Así mismo, los meses más secos son marzo (6.6 mm) abril (0.0 mm) y mayo (0.0 mm), teniendo por lo tanto un régimen de lluvias de verano. En lo referente a la temperatura el clima de Escuinapa es muy cálido, con una temperatura media anual de 24.7° C. Los promedios de temperaturas más bajas de los tres meses más fríos son: enero con 20.7° C, febrero, con 21.8° C y diciembre con 19.9° C. Los meses más calientes son junio con 29.0° C, julio con 29.7 y agosto con 28.3° C por lo que la localidad de Escuinapa tiene una oscilación térmica extremosa en el año. La fórmula climática del sitio es Awo(w)(e).

**Cuadro 3. Condiciones de temperatura que se registraron durante el desarrollo del experimento en Escuinapa, Sinaloa.**

	T°C			días			
	1	2	3	4	5	6	7
Mínima	24.6	23.7	23.8	23.3	23.5	22.0	21.3
Máxima	35.2	36.3	34.7	36.6	36.3	36.4	32.7
Media	29.4	29.8	27.6	29.0	29.9	30.3	27.6

**Cuadro 4. Condiciones de humedad relativa que se registraron durante el desarrollo del experimento en Escuinapa, Sinaloa.**

	H R(%)			días			
	1	2	3	4	5	6	7
Mínima	53	39	55	42	46	45	62
Máxima	96	92	95	93	90	96	98
Media	76	67	79	67	67	67	82

### 2.1.3. Clima de Culiacán, Sinaloa

El sitio de estudio se encuentra localizado a 24°49' Latitud Norte, 107°24' Longitud Oeste, altitud de 62 m. El clima de Culiacán es Semiárido, con una precipitación anual de 671.76 mm, distribuidos principalmente en los meses de julio (155.4 mm), agosto (203.1mm) y septiembre (142.7 mm). Así mismo, los meses más secos son marzo (4.8 mm), abril (1.6 mm) y mayo (1.6 mm), teniendo por lo tanto un régimen de lluvias de verano. En lo referente a la temperatura, el clima de Culiacán es muy cálido, con una temperatura media anual de 24.9° C. Los promedios de temperaturas más bajas de los tres meses más fríos son: enero con 19.4° C, febrero, con 20.3° C y diciembre con 20.4° C. Los meses más calientes son junio con 29.3 ° C, julio con 28.7 y agosto con 28.4° C, por lo que la localidad de Culiacán tiene una oscilación térmica extremosa en el año. La fórmula climática del sitio es BS1(h')w(w)(e).

Cuadro 5. Condiciones de temperatura que se registraron durante el desarrollo del experimento en Culiacán, Sinaloa.

	T°C			días			
	1	2	3	4	5	6	7
Mínima	20.5	17.9	19.6	22.0	23.8	22.2	24.3
Máxima	34.2	35.2	36.3	36.9	37.7	37.3	35.0
Media	26.6	26.0	27.4	29.0	29.7	29.5	29.4

Cuadro 6. Condiciones de humedad relativa que se registraron durante el desarrollo del experimento en Culiacán, Sinaloa.

	H R(%)			días			
	1	2	3	4	5	6	7
Mínima	37	31	32	38	38	35	54
Máxima	98	97	96	96	93	93	91
Media	69	66	66	70	70	70	75

#### **2.1.4. Clima de El Palmito, Concordia, Sinaloa.**

El sitio de estudio se encuentra localizado a 23° 26' Latitud Norte, 105°50' Longitud Oeste, altitud de 1875 m. El clima de El Palmito, Sinaloa es templado subhúmedo, con una precipitación anual de 1229.6 mm, distribuidos principalmente en los meses de junio (146.3 mm), julio (275.6 mm), agosto (233.1 mm) y septiembre (252.5 mm). Así mismo, los meses más secos son marzo (20.9 mm), abril (8.9 mm) y mayo (15.4 mm), teniendo por lo tanto un régimen de lluvias de verano. En lo referente a la temperatura, el clima de El Palmito es templado, con una temperatura media anual de 16.6° C. Los promedios de temperaturas más bajas de los tres meses más fríos son: enero con 13.2° C, febrero, con 13.4° C y diciembre con 16.6° C. Los meses más calientes son junio con 19.1° C, agosto con 18.6° C y septiembre con 18.6° C. por lo que se tiene poca oscilación térmica al año. La fórmula climática del sitio es  $Cb(w2)(i')w''$ .

## **2.2. Diseño experimental y realización de la prueba**

Para la realización de esta prueba se usó un contenedor portátil adaptado para el almacenamiento de los granos y semillas, el cual cuenta con una capacidad de 2066 litros. Dicho contenedor fue trasladado a los lugares del experimento mediante un remolque adaptado a una camioneta (Fig. 4). En los lugares del experimento fue acomodado de manera vertical tal cual se usa en los almacenes tradicionales y posteriormente se procedió a depositar el grano dentro del recipiente (Fig. 5).



Figura 4. Traslado del contenedor portátil por las distintas regiones climáticas de Sinaloa.



Fig. 5. Instalación del contenedor en El Palmito, Sinaloa.

El diseño experimental usado en todos los lugares de prueba fue un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones; los tratamientos evaluados en los tres lugares fueron: 1)  $\text{CO}_2$  ( $0.5 \text{ kg} / \text{m}^3$ ), 2); fosforo de aluminio, 3 pastillas / ton, 3); diatomea al 0.05% ( $0.5 \text{ g} / \text{kg}$  de grano); 4) deltametrina al 2.5% ( $16 \text{ cc} / \text{ton}$  de K-OBIOL + Butóxido de piperonilo); y 5) un testigo sin aplicación. Para el caso de las tres zonas climáticas se utilizaron 300 kg de grano por tratamiento, separados en el contenedor por una tela que permitiera el flujo del gas. Cada tratamiento constó de cuatro repeticiones para un total de 20 unidades experimentales; cada unidad experimental constó de una muestra de insectos de diferentes especies (*Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum*, *Sitophilus zeamais*, *Callosobruchus* sp. y *Zabrotes subfasciatus*) la cual fue introducida en una manta fina y cerrada para evitar su dispersión y facilitar el conteo de las especies vivas y muertas (Fig. 5).

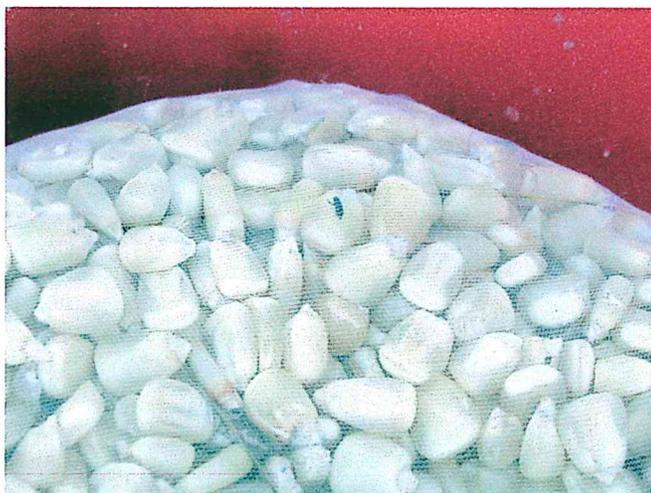
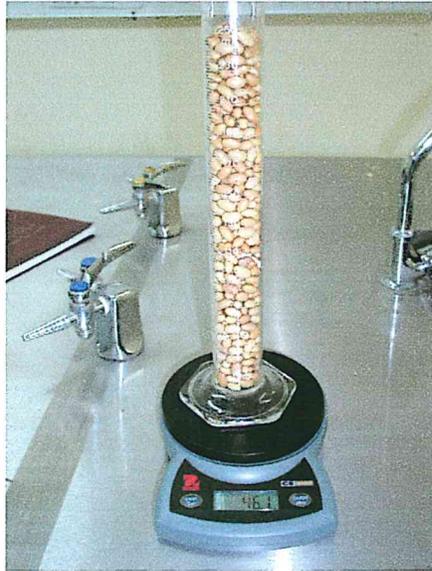


Fig. 6. Tela en la que depositaron los insectos para tener un mejor control al momento de la evaluación

Para el caso del bióxido de carbono, primeramente se realizaron los cálculos de peso volumétrico de cada especie de grano para obtener la dosis de aplicación. El procedimiento fue el siguiente: se depositó el grano en una probeta de 250 ml, posteriormente se pesó (Fig. 7), finalmente la probeta se llenó de agua para obtener el gasto. Para cada tipo de grano se hicieron cuatro repeticiones y se obtuvo el promedio. Una tonelada de maíz ocupó un volumen de  $1.288 \text{ m}^3$ , correspondiendo al espacio vacío un volumen de  $0.578 \text{ m}^3$ . Para el caso del garbanzo, frijol y trigo, el espacio vacío fue de  $0.607$ ,  $0.559$  y  $0.584 \text{ m}^3$ , respectivamente.

El experimento en Culiacán se realizó al nivel comercial (Fig.8), desarrollándose en una bodega comercial. En el caso del tratamiento con  $\text{CO}_2$ , el experimento se desarrolló en una bodega de la Facultad de Agronomía, sellada con poliuretano (Fig. 9). Se monitoreo la humedad, temperatura y la concentración de bióxido de carbono dentro de la bodega (Fig. 10). Los resultados de este experimento se evaluaron estadísticamente junto con los valores obtenidos en las otras tres regiones climáticas.



**Figura 7. Pesado del grano para medir el peso volumétrico**



**Fig. 8. Grano en bodega a nivel comercial**

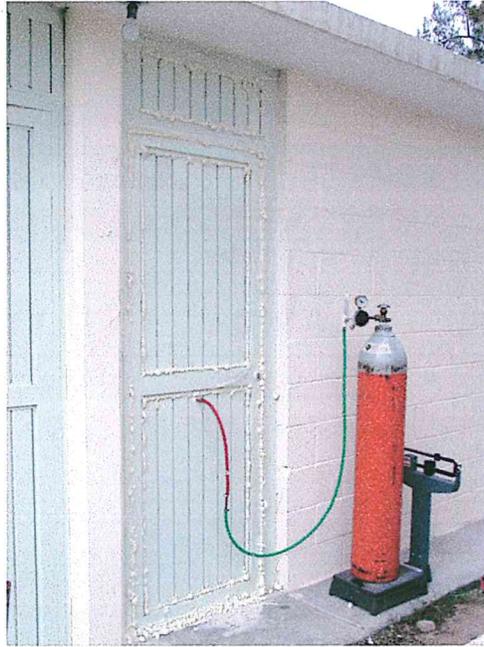


Fig. 9. Bodega al momento de la aplicación del CO<sub>2</sub>



Fig. 10. Medidor de CO<sub>2</sub> y temperatura

### 2.3. Variables de respuesta

Con el fin de determinar la efectividad de los tratamientos en las cuatro regiones diferentes del Estado de Sinaloa, se evaluaron dos variables de respuesta: la mortalidad de insectos y el porcentaje de germinación de las semillas sometidas a tratamiento. La mortalidad se evaluó contabilizando el número total de insectos vivos y muertos para cada unidad experimental y al ser ésta una variable dicotómica (vivos – muertos), se obtuvo el porcentaje de insectos muertos (probabilidad de *éxito* de la distribución binomial), y los datos se transformaron a arcoseno de la raíz para aproximarlos a la distribución normal. Con los datos transformados se realizó el *análisis de varianza* y las medias se compararon por el método de Tukey, ( $\alpha = 0.05$ ). En el caso de diatomea, deltametrina y el testigo se evaluaron siete días después de la aplicación en todos los tratamientos, y en el caso de los gases (fosforo de aluminio y bióxido de carbono) la evaluación se realizó tres días después de la aplicación.

Una vez determinada la mortalidad de los insectos, se procedió a sembrar 100 semillas de maíz, trigo, garbanzo y frijol, y se les dio seguimiento para determinar si los tratamientos mostraban algún efecto en la germinación de estos granos.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Efecto de los tratamientos en el control de los granos almacenados

En el cuadro 7, se puede observar que el bióxido de carbono fue estadísticamente igual para las cuatro regiones y con mortalidades altas (100%) para *Rhyzopertha dominica*. Solamente en la Isla del Bosque, Escuinapa, Sinaloa, el porcentaje bajó a 96.5. Es decir, este tratamiento se comportó muy eficiente. Este mismo comportamiento de control se observó para fosforo de aluminio y deltametrina. El tratamiento a base de diatomea tuvo menor efecto en Ahome y Escuinapa, pero mostró una alta efectividad en el Palmito, Concordia y Culiacán, Sinaloa, con porcentajes de control de 94.5 y 95.8 %, respectivamente.

**Cuadro 7. Porcentaje de insectos *Rhyzopertha dominica* muertos en trigo por efecto de los tratamientos, en cuatro regiones climáticas del estado de Sinaloa (Los Mochis, Escuinapa, El Palmito, Concordia y Culiacán, Sinaloa)**

Tratamientos	Localidades				Media
	Ahome (Los Mochis)	Escuinapa (Isla del Bosque)	Concordia (El Palmito)	Culiacán (Agronomía)	
1.CO <sub>2</sub>	A <sup>1</sup> 100.0 <sup>4</sup> A <sup>2</sup>	B 96.5 A	A 100.0 A	A 100.0 A	99.13 A
2.FAL	A 100.0 A	A 99.0 A	A 97.5 AB	A 100.0 A	99.13 A
3.Diatomea	B 63.5 C	B 74.0 B	A 94.0 B	B 95.8 B	81.8 B
4.K-biol	B 93.0 B	A 100.0 A	AB 98.0 AB	A 100.0 A	97.8 A
5. Testigo	B 3.5 D	A 9.5 C	AB 4.9 C	AB 3.3 C	5.3 C
Media	72.2 C	75.8 BC	78.9 AB	79.8 A	
DSH <sub>0.05</sub> <sup>3</sup>	3.8402				DSH <sub>0.05</sub> = 4.5690

<sup>1</sup> Comparaciones horizontales (un mismo tratamiento, entre sitios): DSH<sub>0.05</sub> = 8.5869.

<sup>2</sup> Comparaciones verticales (entre tratamientos, en cada sitio): DSH<sub>0.05</sub> = 9.1380.

<sup>3</sup> Los valores de Tukey corresponden al análisis estadístico de los datos transformados.

<sup>4</sup> El valor de las medias corresponde a los datos no transformados.

Las letras corresponden al análisis estadístico de los datos transformados. Medias con la misma letra indican que la diferencia entre ellas no es significativa.

En el cuadro 8, se puede observar que para la especie *Tribolium castaneum* los tratamientos a base de bióxido de carbono, fosforo de aluminio y diatomea mostraron excelentes porcentajes de mortalidad en las cuatro regiones evaluadas con 96.2, 99.0 y 97.4 %, respectivamente, no mostrando diferencias entre estos tratamientos. Para deltametrina el porcentaje de mortalidad bajó en Ahome y Concordia con un porcentaje de 85.0 y 89.0 %, respectivamente; sin embargo, son porcentajes altos de control. El testigo para esta especie fue el tratamiento con menos insectos muertos.

**Cuadro 8. Porcentaje de insectos *Tribolium castaneum* muertos en trigo por efecto de los tratamientos, en cuatro regiones climáticas del estado de Sinaloa Los Mochis, Escuinapa, El Palmito, Concordia y Culiacán)**

Tratamientos	Localidades				Media
	Ahome (Los Mochis)	Escuinapa (Isla del Bosque)	Concordia (El Palmito)	Culiacán (B.Serranor)	
1. CO <sub>2</sub> )	A <sup>1</sup> 99.5 <sup>4</sup> A <sup>2</sup>	AB 98.0 A	B 88.0 A	A 99.3 A	96.2 AB
2. FAL	A 99.5 A	A 100.0 A	A 96.5 A	A 100.0 A	99.0 A
3. Diatomea	A 97.5 A	A 99.5 A	A 94.5 A	A 98.3 A	97.4 AB
4. K-biol	B 85.0 B	A 100.0 A	B 89.0 A	A 100.0 A	93.5 B
5. Testigo	A 14.0 C	A 12.0 B	A 10.5 B	A 8.3 B	11.2 C
Media	79.1 A	81.9 A	75.7 B	81.2 A	
DSH <sub>0.05</sub> <sup>3</sup>	5.1091				DSH <sub>0.05</sub> = 6.0787

<sup>1</sup> Comparaciones horizontales (un mismo tratamiento, entre sitios): DSH<sub>0.05</sub> = 11.4243

<sup>2</sup> Comparaciones verticales (entre tratamientos, en cada sitio): DSH<sub>0.05</sub> = 12.1574

<sup>3</sup> Los valores de Tukey corresponden al análisis estadístico de los datos transformados

<sup>4</sup> El valor de las medias corresponde a los datos no transformados

Las letras corresponden al análisis estadístico de los datos transformados. Medias con la misma letra indican que la diferencia entre ellas no es significativa.

En el cuadro 9, se puede apreciar que para la especie de *Sitophilus zeamais* todos los tratamientos evaluados en las distintas regiones mostraron excelentes resultados de

mortalidad de tal forma que los promedios finales de control fueron 99.6, 99.9, 94.9 y 97.1 %, para bióxido de carbono, fosforo de aluminio, diatomea y deltametrina. El testigo mostró una media de mortalidad de 8.4 % y fue estadísticamente diferente.

**Cuadro 9. Porcentaje de insectos *Sitophilus zeamais* muertos en maíz por los tratamientos, en regiones climáticas del estado de Sinaloa (Los Mochis; Escuinapa, El Palmito, Concordia y B. Serranor, Culiacán).**

Tratamientos	Localidades				Media
	Ahome (Los Mochis)	Escuinapa (Isla del Bosque)	Concordia (El Palmito)	Culiacán (Agronomía)	
1. CO <sub>2</sub>	A <sup>1</sup> 98.3 <sup>4</sup> A <sup>2</sup>	A 100.0 A	A 100.0 A	A 100.0 A	99.6 A
2. FAL	A 99.8 A	A 100.0 A	A 100.0 A	A 100.0 A	99.9 A
3. Diatomea	A 98.0 A	A 98.8 A	A 99.0 A	B 83.8 C	94.9 B
4. K-biol	A 100.0 A	A 100.0 A	B 93.0 B	B 95.3 B	97.1 B
5. Testigo	A 9.5 B	A 6.8 B	A 9.0 C	A 8.3 D	8.4 C
					DSH <sub>0.05</sub> = 4.4749
Media	81.1 A	81.1 A	80.2 A	77.4 B	
DSH <sub>0.05</sub> <sup>3</sup>	3.7611				

<sup>1</sup> Comparaciones horizontales (un mismo tratamiento, entre sitios): DSH<sub>0.05</sub> = 8.4100

<sup>2</sup> Comparaciones verticales (entre tratamientos, en cada sitio): DSH<sub>0.05</sub> = 8.9497

<sup>3</sup> Los valores de Tukey corresponden al análisis estadístico de los datos transformados

<sup>4</sup> El valor de las medias corresponde a los datos no transformados

Las letras corresponden al análisis estadístico de los datos transformados. Medias con la misma letra indican que la diferencia entre ellas no es significativa.

Con respecto a la especie *Callosobruchus* sp. se puede observar en el cuadro 10, que los tratamientos a base de fosforo de aluminio, Deltametrina y (K-obiol), mostraron porcentajes de mortalidad de esta plaga por encima del 90 % en las tres regiones evaluadas. Diatomea y bióxido de carbono mostraron eficiencia de control en Ahome, El Palmito, Concordia y Bodegas Serranor en Culiacán, Sinaloa, con porcentajes altos de más de 90 %. Estos últimos tratamientos (diatomea y bióxido de carbono) bajaron su control en Escuinapa ya que la mortalidad observada fue de 81 y 87 %. En todos los casos el tratamiento testigo siguió siendo el menos efectivo.

**Cuadro 10. Porcentaje de insectos *Callosobruchus* sp. muertos en granos de garbanzo, por efecto de los tratamientos, en cuatro regiones climática del estado de Sinaloa (Los Mochis, Escuinapa; El Palmito, Concordia y Culiacán).**

Tratamientos	Localidades				Media
	Ahome (L. Mochis)	Escuinapa (Isla del Bosque)	Concordia (El Palmito)	Culiacán (Agronomía)	
1. CO <sub>2</sub>	<b>B</b> 90.5 B	<b>C<sup>1</sup></b> 87.5 <sup>4</sup> <b>B<sup>2</sup></b>	<b>B</b> 94.0 B	<b>A</b> 100.0 A	93.0 B
2. FAL	<b>A</b> 99.5 A	<b>AB</b> 98.5 A	<b>B</b> 97.5 <b>AB</b>	<b>A</b> 100.0 A	98.9 A
3. Diatomea	<b>B</b> 90.0 A	<b>C</b> 81.0 B	<b>A</b> 100.0 A	<b>B</b> 95.8 <b>B</b>	92.5 <b>B</b>
4. K-biol	<b>B</b> 98.0 A	<b>B</b> 98.0 A	<b>A</b> 100.0 A	<b>B</b> 97.8 <b>AB</b>	98.5 A
5. Testigo	<b>A</b> 10.5 C	<b>A</b> 11.5 C	<b>A</b> 11.5 C	<b>A</b> 9.3 C	10.7 <b>C</b>
Media	77.7 <b>B</b>	75.3 B	80.6 A	80.6 A	
<b>DSH<sub>0.05</sub><sup>3</sup></b>	2.9831				DSH <sub>0.05</sub> = 4.5192

<sup>1</sup> Comparaciones horizontales (un mismo tratamiento, entre sitios): **DSH<sub>0.05</sub> = 6.670**

<sup>2</sup> Comparaciones verticales (entre tratamientos, en cada sitio): **DSH<sub>0.05</sub> = 7.8275**

<sup>3</sup> Los valores de Tukey corresponden al análisis estadístico de los datos transformados

<sup>4</sup> El valor de las medias corresponde a los datos no transformados.

Las letras corresponden al análisis estadístico de los datos transformados. Medias con la misma letra indican que la diferencia entre ellas no es significativa.

En el cuadro 11 se muestra que para *Zabrotes subfasciatus* en frijol en las tres localidades. Todos los tratamientos evaluados mostraron efectividad alta, con porcentajes que fluctuaron de 90.0 % hasta 100 %. Para esta especie el único tratamiento bajo en control fue el bióxido de carbono en Escuinapa, Sinaloa, con un 80.5 % de mortalidad. El testigo mantuvo un promedio bajo de mortalidad de entre 4.5 a 5.5 en las localidades antes mencionadas y fue el tratamiento con menos efectividad.

**Cuadro 11. Porcentaje de insectos *Zabrotes subfasciatus* muertos en granos de frijol, por efecto de los tratamientos, en cuatro regiones climáticas del estado de Sinaloa (Los Mochis, Escuinapa; El Palmito, Concordia; y Culiacán).**

Tratamientos	Localidades				Media
	Ahome (20 Nov)	Escuinapa (Isla del Bosque)	Concordia (El Palmito)	Culiacán (B.Serranor)	
1. CO <sub>2</sub>	<b>B</b> <sup>1</sup> 90.0 B	<b>B</b> 80.5 <sup>4</sup> C <sup>2</sup>	<b>A</b> 100.0 A	<b>A</b> 100.0 A	92.3 B
2. FAL	<b>A</b> 100.0 A	<b>A</b> 100.0 A	<b>B</b> 97.5 A	<b>A</b> 100.0 A	99.4 A
3. Diatomea	<b>A</b> 100.0 A	<b>B</b> 93.0 B	<b>A</b> 97.0 A	<b>B</b> 93.0 B	95.8 B
4. K-biol	<b>A</b> 100.0 A	<b>B</b> 95.5 B	<b>A</b> 99.5 A	<b>B</b> 97.5 AB	98.1 AB
5. Testigo	<b>A</b> 10.5 C	<b>A</b> 5.0 D	<b>A</b> 4.5 B	<b>A</b> 5.5 C	6.4 C
Media	80.1 A	74.8 B	79.7 A	79.2 A	
<b>DSH<sub>0.05</sub></b> <sup>3</sup>	3.4918				DSH <sub>0.05</sub> = 5.2899

<sup>1</sup> Comparaciones horizontales (un mismo tratamiento, entre sitios): **DSH<sub>0.05</sub> = 7.807**

<sup>2</sup> Comparaciones verticales (entre tratamientos, en cada sitio): **DSH<sub>0.05</sub> = 9.1623**

<sup>3</sup> Los valores de Tukey corresponden al análisis estadístico de los datos transformados

<sup>4</sup> El valor de las medias corresponde a los datos no transformados. Las letras corresponden al análisis estadístico de los datos transformados. Medias con la misma letra indican que la diferencia entre ellas no es significativa.

En general, el mejor tratamiento para el control de plagas en granos almacenados es el fosfuro de aluminio. Además, es de fácil aplicación. Sin embargo, la fosfina es muy tóxica por lo que hay que darle un manejo adecuado al residuo que deja la pastilla al liberar el gas. La pastilla se debe depositar en recipientes para su traslado a lugar seguro.

El bióxido de carbono también es una opción viable. Sin embargo, requiere de un acondicionamiento especial de las bodegas que en la actualidad están construidas, o bien que el grano se almacene en silos bolsas, que eviten que el bióxido de carbono se salga.

El bióxido de carbono es muy tóxico para los insectos, actúa sobre los espiráculos que regulan la respiración. Este hecho provoca indirectamente la deshidratación del insecto, así como también el crecimiento, desarrollo y reproducción del mismo. La eficacia de las

atmósferas modificadas varía con la temperatura, humedad, concentración y tiempo de tratamiento. Las temperaturas bajas y las humedades relativas elevadas incrementan generalmente el tiempo de exposición requerido para obtener efectos letales. En concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub> (>35%) sus efectos tóxicos incrementan. Los resultados de este estudio muestran que el efecto de este gas varía de una especie a otra y entre regiones climáticas, como así lo indican también otros estudios (<http://www.irta.es/esp/que/serveis/protecgas.asp>).

Las tierras diatomeas son también una opción viable, sobre todo ambientalmente. La tierra diatomea es un polvo mineral muy empleado en la actualidad por su efectividad en el control de plagas, aunado a que no produce efectos tóxicos en el hombre ni en el ambiente y no crea resistencia en insectos. (Korunic, 1998). Debido a las características antes mencionadas, y a los resultados obtenidos se coincide con Cook y Armitage (2000), en que este mineral se considera como una alternativa viable para el control de insectos de granos almacenados. El principal modo de acción es por deshidratación o desecación, debido a la pérdida de agua del cuerpo del insecto (Korunic, 1997). La tierra de diatomeas recubre la superficie del integumento del insecto ocasionando la deshidratación (Mewis y Ulrichs, 2001).

Otra ventaja que tiene la tierra de diatomeas es que con una sola aplicación se puede controlar por mucho más tiempo a los insectos en los almacenes, puesto que, si hay insectos dentro del grano, cuando éstos salen se impregnan de este mineral. La acción de la diatomea es inmediata, lo cual puede deberse a que la cutícula no se encuentra completamente endurecida y los hace más vulnerables al polvo (Cook y Armitage, 2000).

## IV. CONCLUSIONES

Finalmente en base a los resultados obtenidos por regiones se puede concluir lo siguiente:

1. Para *Rhyzoperta dominica* en trigo los tratamientos a base de bióxido de carbono, fosfuro de aluminio y deltametrina mostraron una efectividad muy alta (mayor de 90 %) en las cuatro regiones evaluadas.
2. Para esta misma especie el tratamiento con diatomea mostró eficacia en El Palmito, Concordia y Culiacán, Sinaloa (mayor del 94 %); en Ahome y Escuinapa el porcentaje de efectividad fue bajo.
3. Para *Tribolium castaneum* el fosfuro de aluminio y diatomea mostraron efectividad en las cuatro regiones evaluadas; bióxido de carbono fue efectivo en tres regiones (Ahome, Escuinapa y Culiacán) y bajó ligeramente en El Palmito, Concordia (88 %). La deltametrina tuvo excelentes resultados en Escuinapa y Culiacán (100 %) y bajó ligeramente en las regiones de Ahome (85 %) y Concordia (89%).
4. Los cuatro tratamientos evaluados fueron efectivos contra *Sitophilus zeamais* en las cuatro regiones evaluadas con porcentajes de mortalidad superiores al 93 %; excepto diatomea en Culiacán, con un 83.8 % de mortalidad.
5. Para *Callosobruchus* sp. en garbanzo, fosfuro de aluminio y deltametrina mostraron control superior al 97.5 en todas las regiones evaluadas; bióxido de carbono y diatomea mostraron alto control en Ahome, Concordia y Culiacán; en Escuinapa ambos tratamientos bajaron su efectividad a 81 y 87.5 % de mortalidad.
6. Para *Zabrotes subfasciatus* en frijol el fosfuro de aluminio, diatomea y deltametrina, mostraron efectividad alta en las cuatro regiones evaluadas; bióxido de carbono solamente en Escuinapa bajo su efectividad a 80.5 %, en las otras regiones se mantuvo el porcentaje alto de control (superior al 90 %).
7. En todas las regiones las diferentes alternativas fueron mejor que el testigo.

**SEGUNDA PARTE:**  
**EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN LOS  
GRANOS**

## CAPÍTULO V

### EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN LOS GRANOS

En el informe anterior se reportó que los distintos tratamientos no tenían efecto en el contenido de proteínas de los granos. Ahora se realizó el análisis de la influencia de los tratamientos en el tiempo de cocción y el color de los granos. Se tomó como base la semilla de frijol porque el consumidor considera importantes estas características en este grano.

#### 5.1. Análisis del tiempo de cocción para la semilla de frijol

El tiempo de cocción se determinó utilizando un cocedor tipo Mattson. El cocedor consta de 25 agujas con un peso aproximado de  $65 \pm 0.5$  g cada una. Los 25 granos de frijol sin remojo previo se colocaron en el cocedor (Fig.11) introduciendo el equipo en un recipiente de acero inoxidable con 2.5 L de agua destilada en ebullición. El volumen se mantuvo constante durante toda la prueba. El tiempo de cocción se determinó como el tiempo necesario para que 15 agujas atravesaran igual número de granos (60 %), considerando a los granos atravesados como cocidos (Reyes-Moreno, 1992). Las pruebas se hicieron por duplicado para cada repetición. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 12.

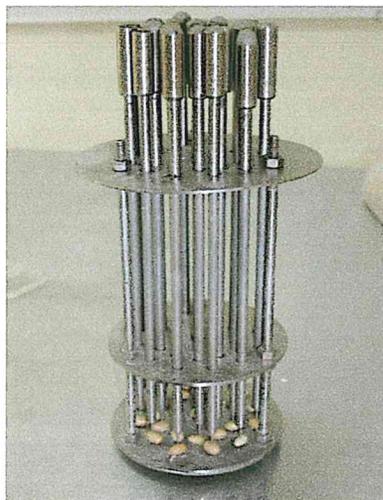


Fig.11. Forma en que se colocaron los granos en el cocedor tipo Mattson

**Cuadro 12. Tiempo de cocción para frijol.**

<b>Tiempo de cocción para frijol</b>	
<b>Tratamiento</b>	<b>Tiempo de cocción (min) media <math>\pm</math> DE</b>
Testigo	70.50 $\pm$ 1.85 a
CO <sub>2</sub>	71.25 $\pm$ 2.02 a
Fosforo de aluminio	71.75 $\pm$ 2.72 a
Tierra de Diatomeas	72.13 $\pm$ 1.70 a
Deltametrina	74.50 $\pm$ 0.91 a

No se encontraron diferencias ( $\alpha = 0.05$ ) entre los tratamientos en lo que respecta al tiempo de cocción, para un mismo tiempo de almacenamiento. Adicionalmente se determinó el tiempo de cocción para frijol tratado con fosforo de aluminio que tenía un tiempo de almacenamiento de un 18 meses y se comparó con el tiempo de cocción para el mismo tratamiento pero con un tiempo de almacenamiento de 6 meses encontrándose una diferencia altamente significativa ( $p = 0.0000$ ). El frijol almacenado durante 18 meses requirió aproximadamente un 50% más de tiempo de cocción que el frijol con un tiempo de almacenamiento de 6 meses. El aumento en el tiempo de cocción puede ser un indicador del desarrollo de dos procesos de resistencia a la cocción. El primero es el fenómeno de impermeabilización de la cáscara (“hard-shell”) provocada por almacenamiento a temperaturas altas / humedades bajas. El segundo es el endurecimiento en el frijol (“hard-to-cook”), fenómeno caracterizado por la dificultad de los cotiledones para suavizarse durante la cocción, promovido por el almacenamiento a temperaturas altas / humedades altas (Reyes-Moreno, 1992).

## **5.2. Determinación del color del grano**

La determinación de color se realizó con un colorímetro Minolta CR-300. Se utilizó el mosaico color blanco de valores Hunter **L**, **a** y **b** definidos ( $L = 96.12$ ,  $a = 6.24$ , y  $b = -2.27$ ). El sistema Hunter identifica el color de un material mediante el uso de tres fotoceldas que miden de manera independiente la contribución del rojo (valor positivo de **a**) o del verde (valor negativo de **a**), del amarillo (valor positivo de **b**) o del azul (valor negativo de **b**), así como del reflejo o luminosidad (valor Hunter **L**). Las determinaciones se hicieron por triplicado tomando aproximadamente 100 g de semillas de frijol en un recipiente con fondo negro, evitándose las fugas de luz durante las mediciones. Con los valores Hunter **L**,

a y b se calculó la diferencia total de color de los granos, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\Delta E = \left[ (\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 \right]^{1/2}$$

donde

$\Delta E$  = Diferencia total de color entre el color de referencia y la muestra

$\Delta E$ ,  $\Delta a$  y  $\Delta b$  = Diferencias absolutas de color de los valores L, a y b del mosaico de referencia y los valores correspondientes observados en la muestra.

Los resultados se muestran en el Cuadro 13.

**Cuadro 13 Diferencia total de color para cinco tratamientos.**

Valor $\Delta E$ para frijol	
Tratamiento	Valor Hunter $\Delta E$ media $\pm$ DE
Tierra de Diatomeas	42.98 $\pm$ 1.37 a
CO <sub>2</sub>	47.40 $\pm$ 4.84 a
Testigo	48.23 $\pm$ 1.91 a
Fosforo de aluminio	48.30 $\pm$ 2.55 a
Deltametrina	48.36 $\pm$ 2.85 a

No se encontraron diferencias ( $\alpha = 0.05$ ) entre los tratamientos en lo que respecta a la diferencia total de color, para un mismo tiempo de almacenamiento. También se determinó la diferencia total de color para el frijol tratado con fosforo de aluminio que tenía un tiempo de almacenamiento de un 18 meses y se comparó con la diferencia total de color para el mismo tratamiento pero con un tiempo de almacenamiento de 6 meses encontrándose una diferencia significativa ( $p = 0.03$ ). Los granos con mayor tiempo de almacenamiento mostraron un color más oscuro. Dickinson y col. (1957) encontraron que los cambios de color durante el almacenamiento se deben a la transformación de antocianinas incoloras a antocianinas fuertemente coloridas y/o polímeros de color oscuro. Algunos investigadores han sugerido que existe una estrecha correlación entre la calidad de cocción y el oscurecimiento del grano (González, 1982; Garruti y Bourne, 1985), lo cual fue corroborado en este caso.

**TERCERA PARTE:**  
**EVALUACIÓN ECÓNOMICA**

## VI. EVALUACIÓN ECONÓMICA

### 6.1. Introducción

El bromuro de metilo ha sido utilizado como fumigante en la agricultura, en almacenes y tratamientos cuarentenarios, ya que elimina todos los organismos vivos con los que entra en contacto. Por lo que la producción agrícola tiene dependencia a estas fumigaciones. El inconveniente que tiene este gas, es que se degrada con dificultad y daña la capa de ozono. Para lograr la disminución gradual de la aplicación del bromuro de metilo, PNUD, SEMARNAP y la Universidad Autónoma de Sinaloa, a través de grupo de profesores investigadores de la Facultad de Agronomía, desarrollaron un proyecto de investigación para controlar los insectos que dañan a los granos almacenados. Lo anterior con el propósito de encontrar la mejor alternativa que logre, además de reducir los daños que causan dichas plagas, disminuir los riesgos a que se expone en ambiente y la salud humana, sin dejar a un lado, que esta alternativa represente también la mejor opción económicamente hablando.

### 6.2. Objetivos

A través de este estudio de factibilidad económica se pretende conocer cuál es la mejor alternativa, con respecto al uso de bromuro de metilo, a nivel experimental, aplicando bióxido de carbono, fosforo de aluminio, deltametrina, y tierra diatomea, en granos de maíz, frijol, trigo y garbanzo; estableciendo experimentos en diferentes zonas climáticas de Sinaloa.

La importancia de este trabajo radica en conocer con la mayor exactitud posible, cuáles son los costos que implican el proteger los granos que se almacenan. Tomando como base la producción de granos en México, y las alternativas que aquí se utilizan para protegerlos de las plagas.

### 6.3. Métodos

Para los estudios realizados se llevaron a cabo entrevistas a representantes de las principales empresas que almacenan granos en la entidad. Esto con el fin de hacer un análisis de la demanda de los métodos y las dosis de los productos que utilizan para el control de plagas.

Para conocer los precios de los productos e insumos utilizados en cada caso, se realizaron encuestas a las principales empresas que venden productos y equipo de protección para el control de plagas. Obteniendo así, los precios que oscilan en el mercado; utilizando costos promedios para cada caso estudiado, mismos que se expresan en pesos mexicanos en este informe.

Se tomaron además, datos anualizados de la producción de granos de maíz, trigo, frijol y garbanzo en México, para tomar como base la cantidad de granos que son susceptibles de ser controlados de las plagas que los atacan.

Los productos aplicados se adquirieron en su presentación comercial, por lo tanto para este estudio, se hicieron las conversiones proporcionales de los costos por tonelada de grano almacenado.

Para la obtención de los costos de las alternativas de este estudio de factibilidad económica, se realizaron análisis de los gastos dándole para este informe tres proyecciones diferentes. Primero considerando los costos del producto e insumos para protección, por tonelada de grano; presentándolo en forma analítica y concentrando al final cada una de ellas en forma global. En segundo lugar, considerando únicamente la aplicación del producto por tonelada de grano. Por último una proyección de lo que costaría proteger los granos de maíz, trigo, frijol y garbanzo en México, si se aplican las alternativas estudiadas en este proyecto de investigación.

#### **6.4. Actividades**

Con base en las investigaciones a nivel piloto el siguiente paso fue conocer los resultados de aplicar las diferentes alternativas que se están estudiando en este proyecto, dependiendo del clima en el que se encuentre. Para lograr esto, se establecieron experimentos en diferentes zonas climáticas del estado de Sinaloa, utilizando un silo móvil construido especialmente para ello, en el cual se llevaron a cabo estos experimentos.

- a) Los Mochis, Sinaloa (Zona desértica).
- b) Mazatlán. Sinaloa. Zona tropical (cálido-subhúmedo)
- c) El Palmito, Concordia, Sinaloa. Zona templada (templado-subhúmedo)
- d) Culiacán, Sinaloa. (Zona semiárido)

Se estableció el experimento en cada zona climática, con repeticiones de cada alternativa

bajo estudio. El grano se infestó con adultos de gorgojo, para cada alternativa y repetición.

- a) **Bromuro de metilo:** Para este caso, se tomaron como base los resultados obtenidos en los experimentos establecidos a nivel piloto.
- b) **Bióxido de carbono:** Se llevó a cabo este tratamiento, haciendo la aplicación de la dosis de  $500\text{g/m}^3$  de espacio vacío. 72 horas después de ser aplicado el gas se realizó la evaluación de insectos muertos.
- c) **Fosfuro de aluminio:** La dosis fue de tres pastillas por tonelada de grano, sellando el silo móvil. El periodo de espera para hacer las evaluaciones fue de 72 horas.
- d) **Deltametrina:** Se impregnó el grano con este producto con un microatomizador, posteriormente se almacenó. El periodo de espera para tomar datos de los insectos muertos fue de 7 días
- e) **Diatomeas:** Por último se mezcló una dosis de 150 g de diatomea a 300 kg de grano, utilizando un plástico grande donde se hizo la mezcla hasta homogenizarla. Al igual que en el caso anterior, para este tratamiento se esperaron 7 días antes de hacer la evaluación de insectos muertos.

## 6.5. Resultados

Para la proyección de los resultados obtenidos con este proyecto de investigación, se presenta a continuación los análisis de los costos.

### 6.5.1. Análisis de los costos para protección de una tonelada de grano

Se hicieron primero los cálculos de manera analítica; es decir, de los productos e insumos para cada una de ellas, aplicados a una tonelada de grano. Los cuadros 14 al 18 presentan estas analíticas proyectadas para proteger al grano a 3, 6, 9 y 12 meses, considerando costos por tonelada de grano, para cada alternativa.

Para las alternativas: bromuro de metilo, fosfuro de aluminio, y deltametrina; se requiere de equipo de protección para la aplicación de estos productos ya que son tóxicos. Este costo se mantiene constante, además se debe considerar que éste será igual si se aplica a una tonelada o 60,000, como se presenta en los cuadros 14, 15 y 16. Para los casos del  $\text{CO}_2$

(cuadro 18) y la diatomea (cuadro 17) no se incurre en gastos de equipo de protección. El bióxido de carbono, como se puede apreciar en el cuadro 18, es en la única alternativa en la que el costo de aplicación varía dependiendo del grano que se va a tratar, ya que la dosis de aplicación es de 500 g de CO<sub>2</sub> por metro cúbico de espacio vacío, mismo que difiere para cada tipo de grano. Variando con esto, el costo para cada caso, tomando como base para este informe; el promedio del costo de las aplicaciones a los cuatro granos diferentes en los que se hicieron los experimentos.

**Cuadro 14. Analítica de Gastos para Aplicación de Bromuro de Metilo**

Concepto	Costo Unitario	Costos a:			
		3 Meses	6 Meses	9 Meses	1 Año
<b>Producto:</b>					
Bromuro de metilo					
\$ 80.00 frasco de 680 MI	0.12	2.94	5.88	8.82	11.76
Dosis de 25 ml por tonelada					
<b>Personal:</b>					
Equipo de Prot P/ Personal		355.00	455.00	555.00	655.00
Mascarilla	120.00				
Guantes	15.00				
Traje Desechable	100.00				
Botas	120.00				
<b>Costo Total</b>		<b>357.94</b>	<b>460.88</b>	<b>563.82</b>	<b>666.76</b>

**Cuadro 15. Analítica de Gastos para Aplicación de Fosfuro de Aluminio**

Concepto	Costo Unitario	Costos a:			
		3 Meses	6 Meses	9 Meses	1 Año
<b>Producto:</b>					
Fosfuro de aluminio					
\$ 0.7 cada pastilla	0.9	2.7	5.40	8.10	10.80
3 pastillas por tonelada de grano					
<b>Personal:</b>					
Equipo de Prot P/ Personal		355.00	455.00	555.00	655.00
Mascarilla	120.00				
Guantes	15.00				
Traje Desechable	100.00				
Botas	120.00				
Personal encargado					
<b>Costo Total</b>		<b>357.70</b>	<b>460.40</b>	<b>563.10</b>	<b>665.80</b>

**Cuadro 16. Analítica de Gastos para Aplicación de Deltametrina**

Concepto	Costo Unitario	Costos a:			
		3 Meses	6 Meses	9 Meses	1 Año
<b>Producto:</b>					
Deltametrina					
\$495.00 Litro	0.50	7.92	15.84	23.76	31.68
<b>Personal:</b>					
Equipo de Prot P/ Personal		355.00	455.00	555.00	655.00
Mascarilla	120.00				
Guantes	15.00				
Traje desechable	100.00				
Botas	120.00				
Personal encargado					
<b>Costo Total</b>		<b>362.92</b>	<b>470.84</b>	<b>578.76</b>	<b>686.68</b>

**Cuadro 17. Analítica de Gastos para Aplicación de Tierra Diatomea**

Concepto	Costo	C o s t o s a:			
	Unitario	3 Meses	6 Meses	9 Meses	1 Año
<b>Producto:</b> Tierra diatomea \$50.00 1 kg Dosis de 500g por tonelada	0.05	25.00	25.00	25.00	25.00
<b>Costo Total</b>		<b>25.00</b>	<b>25.00</b>	<b>25.00</b>	<b>25.00</b>

**Cuadro 18. Analítica de Gastos para Aplicación de Bióxido de Carbono**

Concepto	Costo	C o s t o s a:			
	Unitario	3 Meses	6 Meses	9 Meses	1 Año
<b>Producto:</b> Bióxido de carbono \$ 437.00 Tanque 25 kg Dosis de 500g /m <sup>3</sup> de espacio vacío	0.01748				
Maíz		5.05	10.11	15.16	20.22
Garbanzo		5.30	10.60	15.91	21.21
Frijol		4.88	9.77	14.65	19.54
Trigo		5.10	10.20	15.31	20.41
<b>Costo Total Promedio</b>		<b>5.09</b>	<b>10.17</b>	<b>15.26</b>	<b>20.34</b>

En el cuadro 19 se globaliza la información de las analíticas de la estimación de costos considerando precio del producto y equipo de protección por tonelada de grano. Se observa que la alternativa de más alto costo es la deltametrina y la de menor el bióxido de carbono. Siendo la diatomea, la alternativa al bromuro de metilo; que ocupa el tercer lugar en costo de aplicación a una tonelada de grano.

**Cuadro 19. Estimación de Costos para el Control de Plagas, Considerando Precio Producto y Equipo de Protección Por Tonelada de Grano**

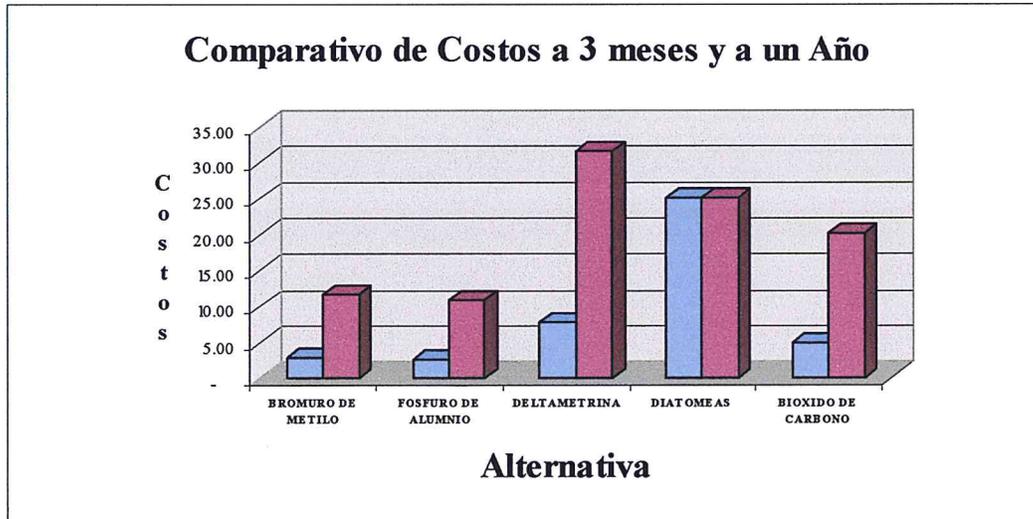
Alternativa	Costo Prod	Equipo Protec	Costo 3 meses	Costo Prod	Equipo Protec	Costo 6 meses	Costo Prod	Equipo Protec	Costo 9 meses	Costo Prod	Equipo Protec	Costo 1 año
<b>Bromuro de metilo</b>	2.94	355.00	<b>357.94</b>	5.88	455.00	<b>460.88</b>	8.82	555.00	<b>563.82</b>	11.76	655.00	<b>666.76</b>
<b>Fosfuro de aluminio</b>	2.70	355.00	<b>357.70</b>	5.40	455.00	<b>460.40</b>	8.10	555.00	<b>563.10</b>	10.80	655.00	<b>665.80</b>
<b>Deltametrina</b>	7.92	355.00	<b>362.92</b>	15.84	455.00	<b>470.84</b>	23.76	555.00	<b>578.76</b>	31.68	655.00	<b>686.68</b>
<b>Diatomea</b>	25.00		<b>25.00</b>									
<b>Bióxido de carbono:</b>												
maíz	5.05		5.05	10.11		10.11	15.16		15.16	20.22		20.22
trigo	5.30		5.30	10.60		10.60	15.91		15.91	21.21		21.21
frijol	4.88		4.88	9.77		9.77	14.65		14.65	19.54		19.54
garbanzo	5.10		5.10	10.20		10.20	15.31		15.31	20.41		20.41
<b>Costo promedio CO<sub>2</sub></b>			<b>5.09</b>			<b>10.17</b>			<b>15.26</b>			<b>20.34</b>

**6.5.2. Análisis de los costos para protección de una tonelada de grano, considerando únicamente el producto de aplicación**

Se hace el siguiente análisis, reflejado en el cuadro 20, tomando únicamente el precio del producto de cada alternativa por tonelada de grano. Con el fin de tener una apreciación exacta del costo del producto aplicado a una tonelada de grano, proyectando los costos de protección al grano a 3, 6, 9 y 12 meses. Mientras que en la figura 12 se muestra el comparativo de las aplicaciones a 3 meses y a un año.

**Cuadro 20. Estimación de Costo del Producto de Aplicación, por Tonelada de Grano.**

<b>Alternativa</b>	<b>Aplicación 3 meses</b>	<b>Aplicación 6 meses</b>	<b>Aplicación 9 meses</b>	<b>Aplicación 1 Año</b>
<b>Bromuro de metilo</b>	<b>2.94</b>	<b>5.88</b>	<b>8.82</b>	<b>11.76</b>
<b>Fosfuro de aluminio</b>	<b>2.70</b>	<b>5.40</b>	<b>8.10</b>	<b>10.80</b>
<b>Deltametrina</b>	<b>7.92</b>	<b>15.84</b>	<b>23.76</b>	<b>31.68</b>
<b>Diatomeas</b>	<b>25.00</b>	<b>25.00</b>	<b>25.00</b>	<b>25.00</b>
<b>Bióxido de Carbono:</b>				
Maíz	5.05	10.11	15.16	20.22
Garbanzo	5.30	10.60	15.91	21.21
Frijol	4.88	9.77	14.65	19.54
Trigo	5.10	10.20	15.31	20.41
<b>Costo CO<sub>2</sub></b>	<b>5.09</b>	<b>10.17</b>	<b>15.26</b>	<b>20.34</b>



**Fig. 12. Comparativo de costos a tres meses y a un año para las diferentes alternativas de control.**

En este análisis la alternativa de menor costo es el fosforo de aluminio, tanto para tres meses como para un año.

La diatomea, siendo la de más alto costo para protección a tres meses, en el caso de protección al grano durante un año, baja considerablemente el costo situándose después del CO<sub>2</sub>. Esto debido a que se hace una sola aplicación, a diferencia de las otras alternativas; que se hacen cada tres meses o antes en caso de incidencia de plagas.

Para la alternativa del bióxido de carbono, se observa que, es en la única en la que difiere el costo dependiendo del grano que se va a tratar. Porque la dosis de aplicación es diferente en cada tipo de grano. Tomando también para este caso el costo promedio, obteniendo como resultado que es la segunda mejor opción.

### **6.5.3. Análisis de los costos de protección de los granos que se producen en México.**

Para este análisis se presenta una proyección de datos anualizados de la producción de granos de maíz, trigo, frijol y garbanzo en México. Se tomó como base la que hubo en el 2004 y los costos en que se incurre para cada caso estudiado, considerando únicamente el precio del producto aplicado. Esto con el fin de tener una referencia de lo que costaría proteger los granos que son susceptibles de ser almacenados, con cada una de las alternativas con las que se experimentó. En el cuadro 21 y la figura 13 sobresale

que la alternativa mas costosa es la deltametrina, mientras que la de menor costo es el fosforo de aluminio.

Tomando como base que todas las alternativas evaluadas son efectivas para el control de las plagas bajo estudio y considerando los costos, se puede decir que el fosforo de aluminio es la alternativa que se puede utilizar de manera más generalizada. Para el caso de la tierra diatomea, que es una alternativa muy buena ambientalmente, se puede utilizar para el control de plagas de granos almacenados que sean catalogados como productos orgánicos, de tal suerte que el precio de los granos compensaría el gasto en el control de las plagas.

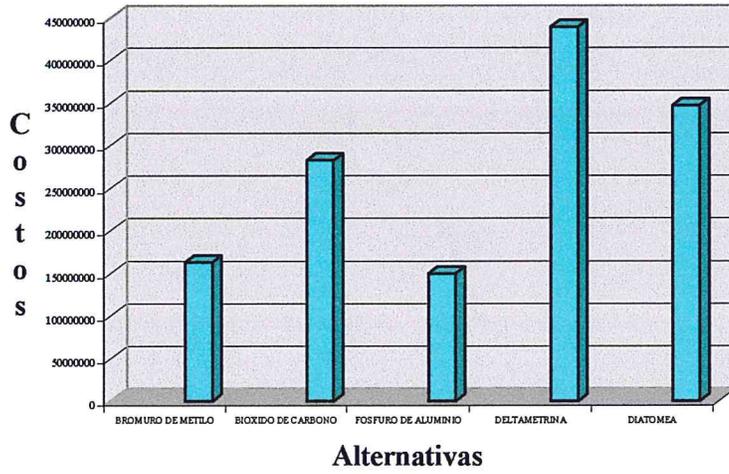
El bióxido de carbono se puede aplicar siempre y cuando se tenga la infraestructura adecuada. Puede ser una alternativa más viable, sobre todo si las nuevas bodegas se diseñan de tal manera que no se fugue el gas.

La deltametrina se puede aplicar por las horillas de las bodegas para minimizar la llegada de nuevos insectos a los almacenes.

**Cuadro 21. Estimación de Costos Para el Control de Plagas en Granos de Maíz, Trigo, Frijol y Garbanzo; con las Diferentes Alternativas de Control.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Maíz</b>	<b>Trigo</b>	<b>Frijol</b>	<b>Garbanzo</b>	<b>Total</b>
<b>Bromuro de metilo</b>	99,855,947.52	55,017,478.32	6,452,911.92	1,679,116.32	163,005,454.08
<b>Bióxido de carbono</b>	172,879,854.72	95,251,348.52	11,171,878.12	2,907,045.39	282,210,126.75
<b>Fosforo de aluminio</b>	91,704,441.60	50,526,255.60	5,926,143.60	1,542,045.60	149,698,886.40
<b>Deltametrina</b>	268,999,695.36	148,210,349.76	17,383,354.56	4,523,333.76	439,116,733.44
<b>Diatomea</b>	212,278,800.00	116,958,925.00	13,717,925.00	3,569,550.00	346,525,204.75

Estimación de Costos Para el Control de Plagas en Granos de Maíz, Trigo, Frijol y Garbanzo; con las Diferentes Alternativas de Control



## RECOMENDACIONES

De manera particular se recomienda:

1. Continuar utilizando el fosforo de aluminio con una serie de medidas de seguridad, en la que se incluya el manejo de los residuos tóxicos que se dejan al descomponerse la pastilla.
2. Promover el uso de la tierra de diatomeas para el control de plagas de granos almacenados, en productos orgánicos.
3. Que la deltametrina se utilice como una medida preventiva, es decir, tratar el almacén con este producto antes de la introducción del grano, así mismo aplicar en los alrededores para evitar la llegada de los insectos plaga.
4. Se implemente un programa de construcción de bodegas diseñadas para evitar que se fugue rápidamente el bióxido de carbono que se aplique. De esta manera este gas puede ser una buena alternativa en un futuro próximo.
5. Motivar e incentivar a los productores para que participen implementando medidas de seguridad al momento de la aplicación.
6. Continuar con las investigaciones buscando alternativas para sustituir al bromuro de metilo en el control de plagas de granos almacenados. Algunas de ellas pueden ser:
  - a) Las atmósferas modificadas o controladas consisten en la adición de algún gas a la atmósfera de un sistema cerrado o hermético. En cierta forma la fumigación guarda los mismos principios, ya que literalmente es la producción de gas para eliminar a los insectos plagas de almacén. Al respecto, el bióxido de carbono, ozono y nitrógeno son los gases apropiados para realizar pruebas biológicas a nivel de almacén como lo demuestran las investigaciones realizadas en algunas partes del mundo.
  - b) Otras alternativas de seguimiento del proyecto sería la utilización de polvos y extractos vegetales generados y producidos de manera comercial por instituciones de investigación y que ya están siendo probados a nivel comercial

pero solamente bajo condiciones de campo. Las especies de plantas que se pueden usar son: Nim (*Azadirachta indica*), Venadillo (*Switenia humilis*) y algunas especies de la familia *Euphorbiacea* nativas del estado de Sinaloa.

- c) Finalmente el uso de Tierra de Diatomeas sobre la biología completa del insecto (determinar su efecto sobre todos los estadios larvarios: larva, adulto, huevecillo) y el tiempo que permanece activa controlando insectos plaga.

## BIBLIOGRAFÍA

Cook, D. A. and Armitage, D. M. 2000. Efficacy of a diatomaceous earth against mite and insect populations in small bins of wheat under conditions of low temperature and high humidity. *Pest Management Science*. **56**: 591-596.

García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Cöppen (Para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana) 4ª ed., Offset Larios. México, D.F.

Garruti, R.D.S. y Bourne, M.C. 1985. Effect of storage condition of dry bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L) on texture profiles parameters after cooking. *J Food Sci* 50: 1067, 71.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), 1995. Anuario Estadístico del Estado de Sinaloa. INEGI. México, D.F.

Korunic, Z. 1997. Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. *Journal of Stored Products Research*. **33** (3): 219-229.

Korunic, Z. 1998. Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *Journal of Stored Products Research*. **34** (2/3): 87-97.

Mewis, I. and Ulrichs, Ch. 2001. Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum*, *Tenebrio molitor*, *Sitophilus granarius* and *Plodia interpunctella*. *Journal of Stored Products Research*. **37**: 153-164.

Reyes-Moreno, C. 1992. Endurecimiento del frijol común – Desarrollo de procedimientos para su prevención y cambios fisicoquímicos durante la reversibilidad de este fenómeno. Tesis Doctoral. Unidad Irapuato-CINVESTAV-IPN, Irapuato, Guanajuato, México

## ANEXO

**Tabla de Análisis de Varianza para el tiempo de cocimiento de frijol.**

Fuentes	GL	SC	CM	F	P
<b>Trat</b>	4	39.800	9.950	2.668	0.07
<b>Error</b>	15	55.938	3.729		
<b>Total</b>	19	95.738			

**Tabla de Análisis de Varianza para el tiempo de cocimiento de frijol tratado con fosforo de aluminio con diferentes periodos de almacenamiento.**

Fuentes	GL	SC	CM	F	P
<b>Trat</b>	1	2664.500	2664.500	202.370	0.0000
<b>Error</b>	6	79.000	13.167		
<b>Total</b>	7	2743.500			

**Tabla de análisis de varianza para la diferencia total de color**

Fuentes	GL	SC	CM	F	P
<b>Trat</b>	4	86.524	21.631	2.480	0.089
<b>Error</b>	15	130.820	8.721		
<b>Total</b>	19	217.345			

**Tabla de Análisis de Varianza para la diferencia total de color de frijol tratado con fosforo de aluminio con diferentes periodos de almacenamiento**

Fuentes	GL	SC	CM	F	P
<b>Trat</b>	1	131.746	131.746	8.329	0.028
<b>Error</b>	6	94.903	15.817		
<b>Total</b>	7	226.649			

**Tabla de Análisis de Varianza para el valor Hunter L de frijol tratado con fosforo de aluminio con diferentes periodos de**

<b>Fuentes</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Trat</b>	1	163.534	163.534	8.805	0.025
<b>Error</b>	6	111.436	18.573		
<b>Total</b>	7	274.970			

**Datos de Tiempo de Cocción**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Tiempo de cocción (min)*</b>
CO <sub>2</sub>	68.50
CO <sub>2</sub>	73.00
CO <sub>2</sub>	72.50
CO <sub>2</sub>	71.00
Deltametrina	74.00
Deltametrina	73.50
Deltametrina	75.00
Deltametrina	75.50
Testigo	69.50
Testigo	69.50
Testigo	73.00
Testigo	69.00
T-Diatomeas	74.50
T-Diatomeas	72.00
T-Diatomeas	71.50
T-Diatomeas	70.50
Fosforo de aluminio	72,50
Fosforo de aluminio	75,00
Fosforo de aluminio	71,00
Fosforo de aluminio	68,50
Fosforo de aluminio**	104.50
Fosforo de aluminio**	106.50
Fosforo de aluminio**	107.50
Fosforo de aluminio**	114.50

\* Media de dos determinaciones

\*\*Un año de almacenamiento

**Datos de la Diferencia Total de Color ( $\Delta E$ ) y valores Hunter L, a y b**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b><math>\Delta E^*</math></b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
Testigo	49.44	51.87	6.45	19.77
Testigo	45.75	57.93	6.67	22.91
Testigo	49.99	50.58	6.50	18.32
Testigo	47.74	53.72	7.10	19.64
CO <sub>2</sub>	49.50	50.81	7.38	17.62
CO <sub>2</sub>	43.56	59.94	7.94	21.91
CO <sub>2</sub>	53.26	49.44	5.93	23.37
CO <sub>2</sub>	43.30	59.12	7.14	20.20
T-Diatomeas	43.92	57.14	6.97	17.96
T-Diatomeas	42.20	60.54	7.73	20.36
T-Diatomeas	41.46	61.52	7.17	20.55
T-Diatomeas	44.33	59.44	8.63	22.50
Deltametrina	44.72	58.23	7.65	21.45
Deltametrina	51.25	49.77	6.60	19.58
Deltametrina	47.87	54.33	7.02	21.06
Deltametrina	49.98	52.48	6.76	22.07
Fosfuro de aluminio	48.35	53.30	6.78	20.16
Fosfuro de aluminio	49.32	51.44	7.39	18.57
Fosfuro de aluminio	44.77	57.81	8.26	20.81
Fosfuro de aluminio	50.75	52.33	6.45	23.38
Fosfuro de aluminio**	56.07	45.52	9.40	21.67
Fosfuro de aluminio**	58.15	42.87	8.85	20.93
Fosfuro de aluminio**	49.75	51.60	9.50	19.68
Fosfuro de aluminio**	61.69	38.72	7.54	20.28

\* Media de tres determinaciones

\*\*Un año de almacenamiento

**Diferencia total de color para frijol tratado  
con fosforo de aluminio, con diferente tiempo  
de almacenamiento.**

<b>Valor <math>\Delta E</math> para frijol</b>	
Tratamiento	Valor Hunter $\Delta E$ media $\pm$ DE
Fosforo de aluminio, 6 meses	48.30 $\pm$ 2.55 a
Fosforo de aluminio, 18 meses	56.41 $\pm$ 5.01 b
DSH <sub>0.05</sub>	6.8804

**Tiempo de cocción para frijol tratado con fosforo de aluminio,  
con diferente tiempo de almacenamiento.**

<b>Valor <math>\Delta E</math> para frijol</b>	
Tratamiento	Valor Hunter $\Delta E$ media $\pm$ DE
Fosforo de aluminio, 6 meses	71.75 $\pm$ 2.72 a
Fosforo de aluminio, 18 meses	108.25 $\pm$ 4.35 b
DSH <sub>0.05</sub>	6.2775

Resumen de las Recipientes a la Entidad Agrícola y las Representantes de las 11 Municipios enriquecidos administrativos de Uruguay de la Entidad

capacidad almacén	almacenan	periodos	Tipos de Almacén	Granos que almacenan	Tiempo	Productos Aplicados	dosis	Aplicación	Costo x Aplic	Cto Promet Total
60.000	60.000	Siempre	Bod Bod Ref Silos	Maiz, Frijol	6 A 12 M	Fosturo Aluminio	4-5 p x ton	c/tes m	162.000,00	648.000,00
18.000	18.000	Siempre	Bod	Garbanzo, Maiz, Frijol	6 A 12 M	Fosturo Aluminio	3 p x ton	c/tes	32.400,00	388.800,00
43.000	43.000	Siempre	Bod Bod Ref Silos	Maiz, Frijol, Garbanzo	6 A 12 M	Fosturo Aluminio	4-5 p x ton	c/tes	116.100,00	1.393.200,00
23.000	23.000	Siempre	Bod	Maiz, Garbanzo, Sorgo	6 A 12 M	Fosturo Aluminio	250 ml / 20 lt	c/tes garb c/2 m otros	62.100,00	372.600,00
66.000	30 A 50.000	Siempre	Bod	Maiz, Sorgo	6 A 12 M	Fosturo Aluminio	3-6 p x ton	c/tes garb c/2 m otros	62.100,00	372.600,00
100	40	Siempre	Bod Bod Ref	Maiz, Gzo, Fjol, Trigo Arroz, Sor	3 Años	Fosturo Aluminio	5-6 p x ton	Incendencia	178.200,00	712.800,00
30.000	30.000	Siempre	Bod	Arroz, Maiz, Sorgo	1 A 3 M	Fosturo Aluminio	150-180 ml / 25 150-200 en 8 lt	Incendencia	132,00	792,00
3.000	3.000	Siempre	Bod	Maiz	6 A 12 M	Fosturo Aluminio	100 cm2 / 12 lt	c/tes m	36.000,00	432.000,00
45.000	45.000	Siempre	Bod	Maiz, Sorgo	6 A 12 M	Fosturo Aluminio	20ml / 1 lt agua	c/tes cada año	121.500,00	1.458.000,00
36.000	25.000	Siempre	Bod Silos	Trigo Harina	6 A 12 M - Un Mes	Fosturo Aluminio	100% for chis 1 cm3 / tonelada	c/tes m	60.000,00	240.000,00