UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

"EVALUACION DE LA FUMIGACION CON BROMURO DE METILO Y CON FOSFINA EN TRES DOSIFICACIONES A TRES GRANOS ALMACENADOS, COMO TRATAMIENTO CUARENTENARIO EN EL PUERTO SANTO TOMAS DE CASTILLA, IZABAL"

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

MIGUEL HUMBERTO BAMAYDA VILLATORO

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, MAYO DE 1993

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. ALFONSO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	:	Ing. Agr. Efrain Medina Guerra
VOCAL PRIMERO	:	Ing. Agr. Maynor Estrada Rosales
VOCAL SEGUNDO	:	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL TERCERO	:	Ing. Agr. Carlos Roberto Motta de Paz
VOCAL CUARTO	:	Br. Elías Raymundo Raymundo
VOCAL QUINTO	:	Br. Juan Gerardo de León Montenegro
SECRETARIO	:	Ing. Agr. Marco Rosilio Estrada Muy

Guatemala,
20 de mayo de 1993

Señores
Honorable Junta Directiva
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Respetables señores:

Me honro en someter a vuestro criterio y consideración el presente trabajo de tesis titulado: **"EVALUACION DE LA FUMIGACION CON BROMURO DE METILO Y CON FOSFINA EN TRES DOSIFICACIONES A TRES GRANOS ALMACENADOS, COMO TRATAMIENTO CUARENTENARIO EN EL PUERTO SANTO TOMAS DE CASTILLA, IZABAL"**, conforme lo demanda la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, requisito final para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola en el grado académico de Licenciado.

En espera de contar con la aprobación del mismo, me es grato suscribirme,

Atentamente,

Br. Miguel Humberto Samayoa V.

/mhsv

DEDICO ESTE ACTO

A DIOS TODOPODEROSO

A MIS PADRES — Humberto Samayoa Méndez

Delfina Villatoro de Samayoa

A MIS HERMANAS — Edna Angélica

María del Pilar

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

AGRADECIMIENTOS

Al Jefe de Grupo, personal administrativo y auxiliares del Servicio Internacional de Fumigación (SIF) del puerto Santo Tomás de Castilla, Izabal.

Al Sindicato de Trabajadores Portuarios (SINTRAPORT); Dirección de Operaciones Portuarias y Marítimas; y Jefatura de Bodegas de la Empresa Portuaria Nacional "Santo Tomás de Castilla".

Al personal técnico y administrativo del Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), especialmente al Ing. Agr. Mauricio Díaz por su apoyo y asesoría.

Al Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno por su desinteresada colaboración en el enriquecimiento de la investigación.

Al Ing. Agr. Salvador Sánchez por su valiosa asesoría.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo.

CONTENIDO

INDICE DE CUADROS

INDICE DE FIGURAS

"EVALUACION DE LA FUMIGACION CON BROMURO DE METILO Y CON FOSFINA EN TRES DOSIFICACIONES A TRES GRANOS ALMACENADOS, COMO TRATAMIENTO CUARENTENARIO EN EL PUERTO SANTO TOMAS DE CASTILLA, IZABAL"

"EVALUATION OF THE FUMIGATION WITH METHYL BROMIDE AND WITH PHOSPHINE IN THREE DOSAGES AT THREE STORED GRAINS AS A QUARANTINE TREATMENT IN PORT SANTO TOMAS DE CASTILLA, IZABAL"

RESUMEN

La aplicación de lós diferentes procedimientos y tratamientos cuarentenarios relacionados con la exclusión de plagas y enfermedades de las mercaderías agropecuarias y sus medios de transporte, deben desarrollarse bajo términos de máxima seguridad y efectividad con el objeto de garantizar la protección de los recursos agropecuarios nacionales, y tomando en cuenta que el accionar cuarentenario debe desarrollarse bajo un marco de flexibilidad que ofrezca, hasta donde sea posible, soluciones y alternativas satisfactorias a las demandas del comercio internacional. Bajo esta proyección un tratamiento cuarentenario ideal debe, además de ser altamente confiable en la eliminación de las plagas asociadas a la mercadería, ser barato y fácil de aplicar.

Es por ésto que la presente investigación fue impulsada por el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), con fines de evaluar los tratamientos cuarentenarios efectuados con los fumigantes Bromuro de Metilo y Fosfina a granos almacenados que ellos realizan en el puerto Santo Tomás de Castilla, Izabal; porque de los productos y sub-productos de origen vegetal que ingresan por este puerto, es el rubro que mayor ingreso presenta. (9)

El objetivo fue evaluar tres dosificaciones de los dos fumigantes en maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*) y frijol

(Phaseolus vulgaris) en sacos, utilizando insecto monitor (Sitophilus sp.) para determinar la dosis que provoque el 100% de mortalidad en todos sus estados evolutivos.

Cuando se incluyó testigo se utilizó un diseño bloques al azar, y cuando no fue incluido se utilizó un bloques al azar con arreglo combinatorio 3^2, ambos con tres repeticiones; habiéndose realizado un experimento para cada uno de los gases. Los valores de la variable respuesta se sometieron al análisis de varianza y cuando se detectaron diferencias significativas se realizó la prueba de Duncan.

Los resultados obtenidos indican que bajo las condiciones en las que se desarrolló la investigación, las dosis de bromuro de metilo que ejercen el 100% de mortalidad en el insecto monitor, en maíz es de 0.45 kg/28.32 m^3; y para los granos arroz y frijol es de 0.68 kg/28.32 m^3. Para el fumigante fosfina la dosis que provoca el 100% de mortalidad en los tres granos es de 42 tabletas/28.32 m^3.

Los costos por tratamiento son: para bromuro de metilo aplicado en maíz es de US$1.56 (Q.8.50); y para arroz y frijol de US$2.34 (Q.12.75). El costo para la fosfina en los tres granos almacenados es de US$1.68 (Q.9.16).

Cuando se desee fumigar maíz en sacos con fines cuarentenarios es recomendable utilizar 0.45 kg de bromuro de metilo por 28.32 m^3 con 12 horas de exposición; y cuando sea arroz y frijol en sacos el producto que desea fumigarse, utilizar 42 tabletas de fosfina por 28.32 m^3 con 72 horas de exposición, no sólo por ser más económica sino por lo práctico que resulta su aplicación.

1. INTRODUCCION

En la medida que el intercambio de productos y subproductos de origen vegetal y animales se incremente, el riesgo de la diseminación de plagas y enfermedades que afecta a la agricultura y ganadería, es mayor. De todos es sabido que una parte considerable de la producción agropecuaria mundial se pierde anualmente por el daño causado por las plagas; a su vez, los costos de producción se ven incrementados, al tener que realizar prácticas para combatirlas. Paralelamente a estos factores no puede ignorarse los problemas ambientales originados por la aplicación de plaguicidas para contrarrestar su ataque.

Cientos de estos organismos de importancia económica y cuarentenaria no se encuentran presentes en nuestro país, por lo que todos los esfuerzos deben orientarse a proteger nuestro patrimonio agropecuario, evitando su ingreso a través de la importación de mercaderías. Naturalmente, el intercambio comercial es fundamental para la convivencia y desarrollo de los países, por ésto, las metas dentro del accionar cuarentenario, deben dirigirse a evitar la introducción de plagas exóticas, sin obstaculizar el comercio de productos y subproductos de origen agropecuario; es decir, que la cuarentena agropecuaria se constituye como la primera línea de defensa contra su introducción.

Entonces, es de relevancia el establecimiento de un sistema cuarentenario que lleve a cabo sus actividades de manera efectiva y a la vez cumpla con las restricciones legales vigentes. Como

componente de este sistema, se tiene a los tratamientos cuarentenarios, y a su vez, dentro de estos tratamientos, se cuenta con las fumigaciones con bromuro de metilo y con fosfina.

Este estudio presenta la evaluación de estos fumigantes en tres dosificaciones, como tratamiento cuarentenario en el puerto Santo Tomás de Castilla, ya que la forma en que se usen conlleva a obtener resultados deficientes, debido a diferentes factores tales como: fugas del sistema, malas dosificaciones y fallas en el equipo de aplicación, principalmente. Dicho estudio se efectuó aplicándolos a tres granos almacenados, porque de los productos de origen vegetal que ingresan al país por este puerto, son los que mayor ingreso presentan. (9)

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El ORGANISMO INTERNACIONAL REGIONAL DE SANIDAD AGROPECUARIA (17), reporta que durante los años 1987-1988-1989 (hasta octubre) Guatemala, importó productos y subproductos de origen vegetal a través del puerto Santo Tomás de Castilla; estos productos fueron movilizados a territorio guatemalteco por un total de 1441 barcos, de los cuales 953 procedieron de Norteamérica, 132 de Centroamérica, 118 de Suramérica, 15 de las Antillas, 207 de Europa, 4 de Sudáfrica, 6 del Medio Oriente y 6 de Oceanía; ésto demuestra la actividad comercial a nivel mundial que se presenta en el mencionado puerto, lo que indica un riesgo o amenaza para el país, por tener conocimiento de la presencia de ciertas plagas en los países exportadores de estos productos y que en Guatemala aún se consideran exóticas. (17)

En 1990 por este mismo puerto ingresaron 114,397 toneladas métricas de productos agrícolas, de las cuales 78,382 corresponden a granos, constituyéndose así este rubro en un 68.52% del total de la importación de productos y subproductos de origen vegetal (9). Por el elevado volumen de producto que ingresa, no se cuenta con los métodos precisos de inspección e identificación, y además que el reducido tamaño y hábito de ciertas plagas dificultan su detección; en tal sentido el sistema cuarentenario nacional, tomando en cuenta las condiciones generales del mismo (métodos de inspección e identificación, equipo e infraestructura), opta como medida preventiva la fumigación, para reducir el riesgo de introducción de plagas.

La autoridad del país encargada de implementar las medidas cuarentenarias es el Departamento de Cuarentena Vegetal de la Dirección Técnica de Sanidad Vegetal; como apoyo se cuenta con el Servicio Internacional de Fumigación (SIF), que pertenece al Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), quien por convenio bilateral entre el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) y OIRSA, de abril de 1980, realiza los tratamientos cuarentenarios en el país.

Con fines de evaluar las fumigaciones realizadas a los granos almacenados, se tomaron a los tres que tuvieron mayor ingreso por el puerto Santo Tomás de Castilla a partir de agosto de 1991 hasta febrero de 1992, y son los que siguen: maíz (*Zea mays*) con un ingreso de 12,266.7 toneladas métricas, arroz (*Oryza sativa*) con 11,946.6 toneladas métricas y frijol (*Phaseolus vulgaris*) con 1,649.2 toneladas métricas. (9)

Para Guatemala existen plagas de importancia cuarentenaria y se tiene especial vigilancia sobre ellas, e.g.: el gorgojo khapra (*Trogoderma granarium*), con un impacto estimado en un 10% en pérdidas a la producción de granos almacenados; la mosca oriental de la fruta (*Dacus dorsalis*), con un estimado en pérdidas del 25% de la producción en frutas y hortalizas; la mosca del frijol (*Melanagromyza phaseoli*), con un 20% de pérdidas en la producción del frijol. (12)

3. MARCO TEORICO.

3.1 MARCO CONCEPTUAL.

3.1.1 ASPECTOS CUARENTENARIOS:

A. ANTECEDENTES: Según Berg (4), el término cuarentena se deriva de la voz latina "quarantum" que significa cuarenta; lo que quiere decir, un período de cuarenta días. En otros idiomas (italiano: quarantina; francés: quarante; inglés: quarantine), tanto el origen como el significado son iguales. Originalmente se aplicaba al período de detención de barcos que llegaban de países expuestos a enfermedades epidémicas como la peste bubónica, cólera y fiebre amarilla, e igualmente la tripulación y pasajeros eran obligados a permanecer aislados a bordo durante un tiempo suficientemente largo como para permitir que los casos latentes de enfermedades se desarrollaran y detectaran antes que cualquier persona fuera autorizada para desembarcar. La fijación del período de aislamiento en 40 días parece haber tenido un antecedente más tradicional que objetivo. En los primeros tiempos, el número cuarenta había adquirido algún énfasis especial. Por ejemplo, hubo 40 días y 40 noches de lluvia durante el diluvio; los israelitas vagaron 40 años por el desierto; hay 40 días en la cuaresma; y la leyenda de San Switino relata historias de 40 días de lluvia. Podemos asumir que la intención de las primeras autoridades sanitarias fue establecer un período de detención adecuado y lo ya mencionado sirvió como base para determinar la duración del mismo. Si es cierto, el

término "cuarentena" debe ser interpretado meramente como un período abierto y tal vez vagamente fijado , en lugar de un lapso definitivo basado en el conocimiento científico.

Los primeros registros de estas restricciones pueden rastrearse hasta la última mitad del siglo XIV en la zona del Mediterráneo y probablemente fueron impuestos por Venecia en 1374, cuando los viajeros sospechosos de haber sido infectados con peste bubónica fueron proscritos. En 1799 en los Estados Unidos de América, por medio de un decreto, se ordenaba a los Oficiales Federales que auxiliaran a los estados y ciudades portuarias en el reforzamiento de sus reglamentos sanitarios locales. Gran Bretaña dictó disposiciones cuarentenarias en 1825 y una convención en París en 1850, preparó un Código Cuarentenario Internacional relativo a barcos y comercio.

Independientemente de lo que el significado numérico original haya podido ser, pronto desapareció y el significado que perduró trató sobre los aspectos de detención y prácticas relacionadas con él. Puesto que el término es tan acertadamente apropiado y está firmemente asociado con una situación totalmente singular, fue trasladado desde el campo de las enfermedades humanas hasta el campo similar de las enfermedades animales y más adelante fue adoptado para incluir los esfuerzos protectores para la exclusión de plagas y enfermedades de los cultivos agrícolas y hortícolas, así como también de los bosques y árboles frutales. De este modo surgieron las cuarentenas vegetales, utilizando el término en su sentido más amplio.

Berg (4) añade, que no fue sino hasta la última mitad del siglo XIX y comienzos del XX que la protección de las plantas llegó a ser incumbencia de los gobiernos, y sólo después que ocurrieron las catástrofes de los últimos años de 1800 en Europa, e.g., tizón de la papa (Phytophtora infestans) en 1845; filoxera de la vid (Phylloxera vitifoliae) en 1861; mildiu de la vid (Plasmopara viticola) en 1875; y podredumbre negra de la vid (Guignardia bidwellii) en 1888. Para contrarrestar el daño causado por las plagas de viñedos introducidos de América, se importaron nuevas variedades de vid siempre procedentes de América resistentes a estas plagas, sin embargo, estas introducciones adicionales trajeron consigo nuevas plagas, provocando que millares de viticultores perdieran sus medios para ganarse la vida.

A pesar que es difícil determinar las pérdidas monetarias soportadas a resultas de estas catástrofes sucesivas, se sabe que los viñedos franceses fueron casi totalmente destruídos entre 1860 y 1885, esta cruel lección no impulsó al gobierno a tomar acción cuarentenaria sino hasta el año de 1923, cuando es introducido el escarabajo colorado de la papa (Leptinotarsa decenlineata) desde los Estados Unidos de América en 1922 y después que la verruga de la papa (Synchitrium endobioticum) se había propagado a través de toda Europa Occidental.

El gobierno alemán ante el riesgo de introducción del escarabajo de la papa prohibió la importación de plantas y productos vegetales procedentes de los Estados Unidos de América

en 1913.

Estados Unidos de América vivió casos similares con la introducción desde Australia de la cochinilla acanalada de los cítricos (Icerya purchasi) en 1869; la escama de San José (Quadraspidiotus perniciosus) desde China en 1879; chancro americano del castaño (Endothia parasitica) desde el Oriente en 1904; y el cáncer de los cítricos (Xanthonomas citri) desde Brasil/Argentina en 1910. Puede decirse que en los Estados Unidos de América la labor fitocuarentenaria comenzó en 1891, cuando el estado de California estableció una inspección portuaria en San Pedro, que probablemente fue la primera en el mundo.

El ORGANISMO INTERNACIONAL REGIONAL DE SANIDAD AGROPECUARIA (17), apunta que con el aparecimiento de la roya del café (Hemileia vastatrix) en Sri Lanka (Ceilán) en 1869, los productores se arruinaron obligados a abandonar el cultivo. En 1877 Indonesia prohibe la importación de plantas de café y frijol provenientes de Sri Lanka, para evitar la introducción de la roya del café.

Australia, un país con una excelente posición geográfica en lo que respecta a protección cuarentenaria, podría haber permanecido libre de muchas de las plagas y enfermedades vegetales más destructivas del mundo con solo que hubiera existido un sistema de cuarentena vegetal inmediatamente después de la primera colonización en Sidney en 1788. Algunas de las plagas introducidas a Australia son las siguientes: pulgón

lanígero del manzano (Eriosoma lanigerum) registrado en 1846 en Victoria, la mosca del mediterráneo (Ceratitis capitata) fue descubierta en Australia Occidental en 1896 y el picudo de las hortalizas (Listroderes constirostis) en Victoria en 1905. (4)

Durón (8), reporta que antes y durante los años cuarenta los países de Centroamérica y México soportaron invasiones de chapulín o langosta (Schistocerca sp.) que se extendían desde la parte norte de Costa Rica hasta la altura de la península de Yucatán en México, principalmente. A consecuancia de lo anterior, cada uno de los países realizaron esfuerzos en forma individual para combatir la plaga, lo cual dió como consecuencia resultados parciales, en vista que las mangas de chapulín o langosta se trasladaban de un país a otro, burlando así en gran medida el combate realizado por uno u otro país; por tal razón se concibió la idea de la realización de un combate a dicha plaga en forma conjunta. Creando a partir de 1947 el Comité Internacional para el Combate de la Langosta (CICLA), este comité logró un notorio éxito a tal grado que a principios de los años cincuenta se había logrado controlar en forma eficiente la plaga y mantener en cada uno de los países personal capacitado y equipo destinado a las prospecciones y combate de los focos.

Habiéndose logrado éxitos con el CICLA, los Ministros de Agricultura de Centroamérica, México y Panamá concibieron la idea de la formación de un organismo especializado para la defensa mancomunada de los recursos agropecuarios contra cualesquiera otras plagas y enfermedades que constituyeran problemas de

interés para la región; razón por la cual en la V Conferencia de Ministros de Agricultura de Centroamérica, México y Panamá, celebrada en San Salvador, El Salvador, del 26 al 30 de octubre de 1953 crea la Carta Constitutiva del OIRSA denominada "Segundo Convenio de San Salvador"; sin embargo y debido a que la misma debería ser ratificada por los Gobiernos y Congresos Legislativos de cada uno de los países signatarios del Segundo Convenio, la nueva organización entró en funcionamiento hasta en agosto de 1955 como Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, OIRSA. En Guatemala se ratificó mediante el Decreto 446 Ley de Sanidad Vegetal del 25 de octubre de 1955.

Guatemala también tiene sus experiencias con la introducción de la broca del café (Hypothenemus hampei) en 1971; la mosca del mediterráneo (Ceratitis capitata) en 1975; la roya del café (Hemileia vastatrix) en 1980 y la sigatoka negra del banano (Mycosphaerella fijensis var. difformis) en 1977. (17)

B. DEFINICION Y OBJETO DE LA CUARENTENA VEGETAL:

Berg (4) define el término "cuarentena vegetal" como: "El conjunto de restricciones legales impuestas al movimiento de mercancías y productos con el propósito de prevenir o retardar el arraigo de determinadas plagas y enfermedades de las plantas en aquellos lugares donde no existen todavía".

El propósito de la cuarentena es eliminar plagas potenciales, evitar la propagación de las ya presentes, y complementar los programas de control. La acción individual no

puede evitar la entrada y propagación de plagas de plantas. Tal protección la debe proporcionar el gobierno mediante la adopción y puesta en práctica de las cuarentenas; por lo tanto, éstas tienen como objetivo primordial la protección de la economía y el bienestar.

3.1.2 ASPECTOS DE LA FUMIGACION DE TRATAMIENTOS CUARENTENARIOS:

A. DEFINICION:

Alas (2) dice que por analogía, el término "fumigación" se generaliza a toda acción que involucra la aplicación de un plaguicida, con el propósito de combatir o prevenir una plaga, sea ésta de insectos, hongos, bacterias, etc.; sin embargo, en el sentido estricto de la palabra, "fumigación" es la acción de emplear un fumigante, es decir, una sustancia química que actúa en forma de gas contra un organismo perjudicial dado; independientemente de la presentación del plaguicida, el cual puede encontrarse en un estado líquido o sólido, pero que al reaccionar con la humedad del aire, se produce la sustancia gaseosa letal.

Una de la propiedades más importantes y útiles de los fumigantes, es que, como gases que son, se difunden en forma de moléculas aisladas. Esto les permite penetrar en el material que se fumiga y difundirse después por él. (5)

B. EFECTO DE LA TEMPERATURA:

El factor extrínseco más importante que influye en la acción de los fumigantes sobre los insectos es la temperatura. A las temperaturas de fumigación normales comprendidas entre 10°C y 35°C la concentración de un fumigante necesaria para matar una fase determinada de un insecto disminuye al aumentar la temperatura. Desde el punto de vista puramente biológico, ésto se debe sobre todo a que el ritmo de la respiración de los insectos se hace más vivo como reacción al aumento de la temperatura.

Es importante tener presente que los resultados de una fumigación puede ser influidos, no sólo por la temperatura que reine durante el tratamiento sino también por las temperaturas a que los insectos permanezcan antes y después del tratamiento.

Cuando los insectos se hallan en un medio ambiente frío , su ritmo metabólico es bajo. Si se fumigan inmediatamente a temperatura más elevada, su actividad fisiológica puede verse afectada aún por su estado anterior y la absorción de veneno puede no ser tan grande como si hubiera permanecido a temperatura de fumigación durante largo tiempo antes del tratamiento. Estos fenómenos tienen importancia práctica particularmente para ciertas especies de insectos que entran en estado de diapausa, la tolerancia a algunos fumigantes como el bromuro de metilo y la fosfina puede ser varias veces mayor que en los que no entran en diapausa. (5)

C. TOXICIDAD DE LOS FUMIGANTES PARA LOS INSECTOS:

Según Bond (5), los fumigantes penetran en los insectos principalmente por el aparato respiratorio. La penetración en este aparato en las larvas, pupas y adultos tienen lugar por los espiráculos, situados en las superficies laterales del cuerpo. La apertura y cierre de los espiráculos están regulados por músculos. Para penetrar en los huevos de los insectos, los gases se difunden a través de la membrana (corión) del huevo o por "canales respiratorios" especiales. Se ha demostrado que algunos gases pueden difundirse a través del integumento, pero actualmente se desconoce la importancia relativa de esta vía para la penetración del fumigante.

Es sabido que el envenenamiento de un insecto por un fumigante influye el ritmo respiratorio del mismo; cualquier factor que aumente dicho ritmo tiende a hacerlo más sensible.

Algunos estados evolutivos de insectos son considerablemente más tolerantes a los fumigantes que otros. Las etapas de huevo y pupa, pueden ser más resistentes que las etapas de larva y adulto, debido a las bajas tasas metabólicas y respiratorias; y la etapa de diapausa puede mostrar una tolerancia mayor debido a la tasa metabólica aún más baja. (5)

D. CONSIDERACIONES ACERCA DE LA FUMIGACION:

Antes de iniciar un proceso de tratamiento con fumigante, es necesario hacer algunas consideraciones acerca de la naturaleza del tratamiento: prevención con fines cuarentenarios o para

eliminar una plaga presente en el artículo o material a fumigarse. En el primero de los casos, se trata generalmente de productos de importación, por lo que es conveniente conocer que plagas de importancia cuarentenaria existen en el lugar de procedencia del producto y cuales son los riesgos de post-contaminación que puedan ocurrir durante el transporte. (2)

La selección del fumigante adecuado depende de varios factores, además de su toxicidad para los insectos, se mencionan a continuación:

* No debe arruinar los productos a los que se aplica ni a los objetos que rodean.
* No debe dejar residuos tóxicos para los humanos, ni olor o sabores desagradables cuando se usa en productos alimenticios.
* Su costo debe ser menor que el daño que causarían las plagas si no se controlan.
* Su presión de vapor o velocidad de evaporación, debe ser adecuada así como su habilidad para penetrar los objetos fumigados y finalmente;
* No debe ser absorbido por éstos, y tener estabilidad química. (19)

La aplicación del fumigante se hace siempre en espacios cerrados, que deben ser lo suficientemente herméticos para evitar la pérdida de vapores, por lo cual deben sellarse hasta donde sea posible, todas las aberturas.

E. INSPECCION DE MERCADERIA O MATERIAL A FUMIGARSE:

Con ello se constata la presencia o no de una plaga, su naturaleza y grado de infestación al estar presente. Asimismo, se comprueba el estado del producto, especialmente en el caso de frutas y otros artículos perecederos, los cuales muchas veces han sufrido deterioro a causa de las condiciones de embalaje, transporte, sobrecalentamiento y manipuleo en general. Especial cuidado debe ponerse al estado de madurez de frutas y verduras; el grado de brotamiento de esquejes y material de propagación, los cuales pueden reaccionar adversamente a un tratamiento en particular; si los granos son para semilla; etc. (2)

F. ACOMODO DEL PRODUCTO:

Para fumigarse bajo carpa en sacos, las estibas deben estar separadas de columnas y paredes, con el fin de permitir la colocación de la cubierta plástica impermeable y las almohadillas; además no deben tener un tamaño tan grande que dificulte la colocación de los materiales y equipo a emplearse en el tratamiento; una estiba de aproximadamente 3 m de alto por 12 m de ancho por 12 m de largo, puede cubrirse con una carpa de 20 m X 20 m; de igual manera una carpa de 10 m X 16 m cubre una estiba de 2.5 m de alto por 3 m de ancho por 14 m de largo; en ambos casos con un margen de un metro alrededor de la estiba para la colocación de las almohadillas. (2)

Aunque algunos fumigantes tienen un buen poder de penetración, siempre es aconsejable acomodar la mercadería en

paletas o separadores de madera, lo que facilita, tanto la circulación del gas, durante el proceso del tratamiento, como durante la aireación del producto después de la fumigación.

3.2 MARCO REFERENCIAL.

3.2.1 ANTECEDENTES HISTORICOS DEL PUERTO SANTO TOMAS DE CASTILLA:

El 7 de marzo de 1604 fue descubierta una bahía siendo alcalde del Ayuntamiento de Guatemala don Carlos Vásquez de Coronado y Ulloa, quien ante las historias de bucaneros y piratas que hacían daño a las mercancías que llegaban de España, había sido presionado por los vecinos para buscar un puerto seguro, por ello envió a dos vecinos para que marcharan hacia el norte, los cuales así lo hicieron encontrando al lado izquierdo de Punta de Manabique un área espaciosa de mar tranquilo y con un fondo bueno para que llegaran barcos donde se encontraba un pequeño puerto en este sitio llamado Atique o Amatique, el mismo en ese día fue bautizado con el nombre de puerto "Santo Tomás de Castilla", por haber sido descubierto en la fecha en que la Iglesia Católica conmemoraba el día de Santo Tomás de Aquino, agregándole el de Castilla en honor del presidente de la Real Audiencia del Reino de Guatemala don Alonso Criado de Castilla.

Durante el gobierno del Dr. Mariano Gálvez, el 17 de mayo de 1833, se hacen las consideraciones necesarias para que se declare a Santo Tomás como puerto mayor, tomando en cuenta que Livingston no guardaba las condiciones apropiadas.

Entre 1836 y 1838 a iniciativa del gobierno, se promueve un proyecto de habitación del puerto, firmando un contrato con la Compañía Comercial y Agrícola de las Costas Orientales de la América Central (The Eastern Coast of Central America, Commercial and Agricultural Company) de origen inglés; años más tarde se cancela el contrato con Inglaterra y con ello se despierta la ambición de otros paises europeos, naciendo la famosa colonia Belga. En 1841 en el contrato celebrado con Bélgica, se le da el nombre de "Santo Tomás de Guatemala" y en 1909 el de puerto "Estrada Cabrera".

La presencia de Puerto Barrios, detiene en cierto modo la iniciativa de los gobiernos y no es sino hasta 1944 que se realizan visitas oficiales y en 1950 se promueve la construcción del nuevo puerto de Santo Tomás de Castilla y su carretera al Atlántico, hasta su inauguración el 13 de septiembre de 1955.

En esa oportunidad se llevó a cabo la urbanización del área destinada a vivienda, se construyó una red de drenajes hacia el mar y servicios de agua potable, teléfonos y energia eléctrica. Dichos servicios funcionaron hasta el año de 1955 en que el gobierno arrendó las instalaciones ya preparadas para su uso a la Compañía Exportadora de Material de plomo, hierro, estaño, y otros (CELOSA) cuya sede estaba en Alta y Baja Verapáz. En esta época fue planificada toda el área portuaria y se continuaron los trabajos de la carretera al Atlántico.

En el año de 1958, durante el gobierno del general Miguel Ydígoras Fuentes, se le dió el nombre de puerto "Matías de

Gálvez".

En 1963 , por Decreto Ley No. 63 fue aprobada la Ley Orgánica y se transforma en la Dirección General de Puertos de Empresa Portuaria Nacional Matías de Gálvez.

En 1967, se lleva a cabo la construcción de la segunda etapa del proyecto del puerto. El 23 de abril de 1969, el presidente Julio César Montenegro devuelve su nombre original al puerto, denominándole nuevamente Santo Tomás de Castilla. (17)

3.2.2 LOCALIZACION GEOGRAFICA:

El puerto Santo Tomás de Castilla está situado en la Costa Atlántica, en el extremo noreste de la república, en la bahía de Santo Tomás dentro de la bahía de Amatique, departamento de Izabal; limita al norte con el departamento del Petén y el territorio de Belice, al oeste con el departamento de Alta Verapáz, al sur con el departamento de Zacapa y al sureste con el república de Honduras, al noreste colinda con la bahía de Amatique y el golfo de Honduras en el mar de las Antillas. Su ubicación está comprendida entre 15°41'45" latitud norte y 88°37'03" longitud oeste; su extensión territorial es de 9.038 km cuadrados; se encuentra a una altura de 3 m sobre el nivel del mar. Dista 300 km de la ciudad capital a la que está conectada por la carretera centroamericana CA-9, que a su vez la comunica con toda la red vial del país. (10)

En cuanto al régimen de lluvias es variado, teniendo un promedio anual de 3014 mm; la temperatura máxima promedio es de

29.7°C y la mínima promedio es de 23.4°C. (10)

La bahía de Santo Tomás tiene una anchura de 4 km y una longitud de 6 km; un canal de acceso de 9 km aproximadamente, desde la entrada a la bahía de Amatique, hasta la Terminal Marítima; tiene una profundidad aproximada de 9 m en el canal de navegación y dársena de operaciones.

El cabo Punta de Manabique y una formación de coral llamada "lengua de buey" (Ox Tongue Shoal) sirven como doble protección contra el mar abierto, lo que evita problemas de oleaje y corrientes marinas fuertes. La diferencia de nivel de mareas es pequeña (60 cms máximo). Ningún río caudaloso desemboca en la bahía. (3)

El área del puerto está fuera de la ruta de huracanes y no existe registro de vientos de más de 65 km por hora. (3)

Con estas condiciones geográficas favorables la zona se clasifica de ideal para la seguridad que presta a las naves y a sus instalaciones que están a resguardo de fenómenos naturales comunes en otros puertos, tales como altos cambios de mareas y huracanes.

3.2.3 CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPO DISPONIBLE DEL PUERTO:

En la actualidad cuenta con un muelle marginal de 907 m; una zona de carga y descarga entre el muelle y las bodegas de 19 m en la primera etapa y 25 m en la segunda etapa; 6 bodegas cerradas; patios para contenedores, furgones, vehículos y piezas grandes;

así mismo se dispone de ductos y tanques de almacenamiento para combustibles y otros graneles líquidos.

El equipo consiste en montacargas de diferentes capacidades, remolques con vagonetas, cabezales con plataforma, grúa móvil de portal sobre rieles, grúas sobre llantas, cargadores frontales, i equipo succionador de graneles sólidos, camiones de volteo y básculas. (3)

3.2.4 TRATAMIENTO CON BROMURO DE METILO:

El bromuro de metilo (CH_3Br) no solo es empleado para el control de plagas que afectan los productos agrícolas almacenados, sino que también se usa como fumigante del suelo para el control de malezas, nemátodos, hongos e insectos, siendo de frecuente empleo en semilleros y viveros de plantas ornamentales y frutales, en este último caso solo cuando se encuentra al 100% de su volúmen.

Dentro de sus propiedades, la más importante es su facultad de penetrar rápida y profundamente en materiales sorbentes, a la presión atmosférica normal. Asimismo, al final de un tratamiento, sus vapores se disipan rápidamente, lo que permite manejar sin peligro productos a granel; estos vapores son unas 3.3 veces más pesados que el aire. Otra propiedad importante es que muchas plantas vivas toleran este gas en tratamientos insecticidas. El bromuro de metilo no es ni inflamable ni explosivo en circunstancias normales, por lo cual se le puede usar sin precauciones especiales contra el riesgo de incendio. (5)

Dado que el bromuro de metilo carece de color y olor y con el próposito de volverlo detectable para seguridad del usuario, frecuentemente las formulaciones contienen 2% de cloropicrina, sustancia fitotóxica y corrosiva no recomendada en tratamientos cuarentenarios de verduras y frutas frescas a granel y plantas en crecimiento. (2)

El producto fumigante se presenta en diferentes tipos de envase, desde los cilindros de hierro con contenidos de 4.54, 18.14, 22.68, 90.72, 226.80 kgs, hasta latas de 0.45 y 0.68 kgs, con diversos nombres comerciales.

La viabilidad de las semillas puede perderse o retardarse si son expuestas al fumigante. Asimismo, se hace la observación que con este producto la harina de soya o de algún otro material con alto contenido de aceite, puede producir olores desagradables en algunos casos. (2)

El tratamiento con bromuro de metilo bajo carpa, en vagones para granos en bodega y en general, en cualquier envase permeable, es un medio práctico y de bajo costo, que permite fumigaciones desde pequeñas a grandes cantidades de mercadería, sin moverlas de su lugar de almacenamiento. Para ello deben cumplirse algunas condiciones mínimas, relacionadas, en primer lugar, con la hermeticidad del espacio a fumigar. Para poder realizar un tratamiento con bromuro de metilo bajo carpa que reuna, desde el punto de vista técnico los elementos necesarios mínimos, es necesario hacer acopio previo del material y equipo necesario y de procurar las facilidades que complementen la

eficiencia del tratamiento; todo ello puede resumirse en lo siguiente:

* Espacio apropiado
* Personal adiestrado
* Fumigante
* Capa o cubierta impermeable
* Aplicadores de fumigante
* Ventiladores
* Cinta adhesiva
* Almohadillas
* Volatilizadores
* Instalación y extensión eléctrica
* Vasija de evaporación
* Cinta métrica
* Detector de fugas
* Detector de concentraciones
* Termómetro
* Rótulo de advertencia de peligro
* Equipo de protección para los operantes

APLICADORES PARA BROMURO DE METILO: es un aplicador de lámina galvanizada que aprieta la lata, la cual es perforada por una prolongación metálica bicelada y hueca que se aproxima al recipiente al accionar una manija, fluyendo el líquido a presión por una manguera de polietileno de 6.4 mm (1/4") de diámetro hasta derramarse en una vasija bajo la carpa, de donde, al contacto con el aire se evapora difundiéndose por todo el espacio

cubierto (Figura 1).

VENTILADORES: una adecuada distribución del gas es necesaria en el proceso de fumigación con bromuro de metilo, a fin de que el mismo alcance todo el espacio tratado y que la concentración del gas sea igual en cualquier lugar de la cámara. Para volúmenes pequeños no es necesario su uso. (5)

VOLATILIZADOR: entre más rápido ocurra la gasificación, más pronto se lleva a cabo la difusión de la sustancia tóxica. La lata de bromuro de metilo se sumerge en un recipiente con agua a 65°C o más, dado que el fumigante tiende a congelarse en el momento de su liberación, es necesario calentarlo en el trayecto de salida del recipiente que lo contiene.

VASIJA DE EVAPORACION: en operaciones a menor escala con bromuro de metilo, se debe recibir el fumigante dentro de la cámara en recipientes de poco fondo y de superficie amplia en donde toda la dosis del tratamiento no supere en altura los 10 a 12 mm. Para este propósito, son útiles las latas plásticas vacías de un galón y cortadas en forma longitudinal sin residuos de otra naturaleza.

DETECTOR DE FUGAS: es de mucha utilidad para localizar fugas de gases en tratamientos y como medio de precaución del personal para detectar la presencia de dichos gases. Existen dos tipos de detector de haluros: uno electrónico y otro a base de gas propano o acetileno. El primero es un detector automático de halógenos con nivel indicador, que posee un sensor de alta eficiencia; persibe la presencia de bromuro de metilo y lo demuestra a base de sonidos y luces, los cuales son espaciados

cuando no está presente el fumigante. Cuando lo detecta, el sonido es más frecuente y se encienden determinado número de luces. El personal puede maniobrar sin necesidad de equipo de protección cuando se enciende hasta la segunda bombilla, de aquí en adelante si es necesario utilizarlo (Figura 2).

El detector de haluros que funciona con gas propano o acetileno, su empleo se basa en la apreciación que se efectúa del color de una llama en contacto con una pieza de cobre si alrededor de la misma se encuentran presentes vapores orgánicos halogenados como el bromuro de metilo y dibromuro de etileno. Dichos vapores reaccionan con el cobre en diferentes tonalidades de color de la llama, que van de un verde pálido o tinte verde muy débil (ninguna toxicidad) en el borde de la misma cuando hay trazas de haluros, hasta en azul intenso (mortal) en concentraciones mayores, pasando por diversas tonalidades de verde y verde azuloso.

DETECTOR DE CONCENTRACIONES: para este fin puede utilizarse un fumiscopio de conductividad térmica con sus correspondientes tubos de muestreo. También puede ser útil el detector multigas Dräger, que consta de una bomba detectora de gases (llamada también de fuelle) y dos tubitos, uno previo y otro indicador, que unidos miden la concentración de bromuro de metilo existente en un lugar y tiempo determinado, dentro de la cámara de fumigación. Posee una escala de detección de 10 hasta 100 ppm con 2 carreras de la bomba.

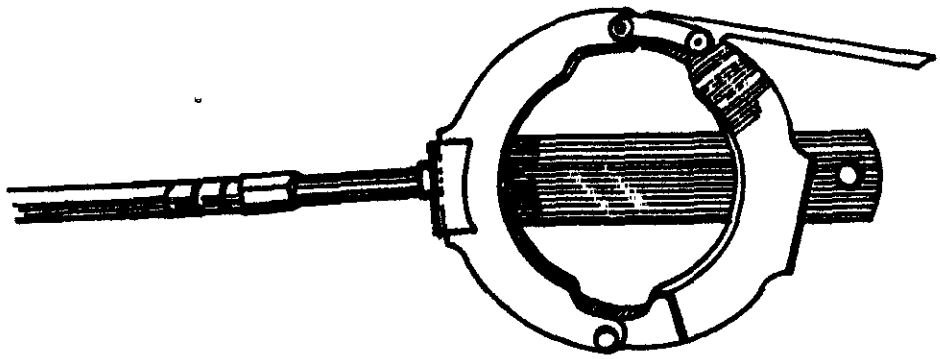

FIGURA 1. Aplicador de anillo para latas de bromuro de metilo.

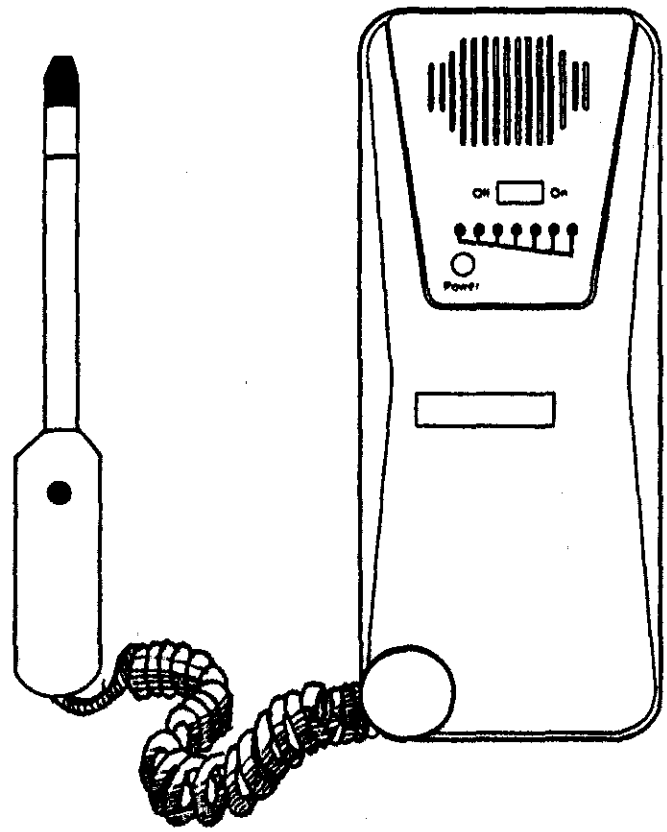

FIGURA 2. Detector electrónico de fugas de bromuro de metilo.

La indicación se basa en la descomposición por oxidación del bromuro de metilo en el tubito previo activado, en combinación con el preparado oxidante de la capa indicadora. El bromuro que queda libre es medido en la capa indicadora (Figura 3).

ALMOHADILLAS: son bolsas con arena de aproximadamente 0.8 - 1 m de largo, por 0.10 - 0.13 m de diámetro; hechas con lona gruesa parafinada.

A. DOSIFICACION:

Alas (2) recomienda las siguientes dosis:

* 0.68 kg/ 28.32 m^3 (1 1/2 lb/1000 p^3) durante 16-24 hrs a 15-20°C
* 0.68 kg/ 28.32 m^3 (1 1/2 lb/1000 p^3) durante 12 hrs a 21-25°C
* 0.91 kg/ 28.32 m^3 (2 lb/1000 p^3) durante 6 hrs a 26-30°C
* 0.91 kg/ 28.32 m^3 (2 lb/1000 p^3) durante 2 hrs a 31°C o más

3.2.5 TRATAMIENTO CON FOSFINA:

Alas (2) dice que el empleo de fosfina o fosfuro de hidrógeno (PH_3) como fumigante para el combate de plagas en productos y subproductos agrícolas, reune las caracteríticas básicas de un fumigante propiamente dicho, por su presentación en estado sólido y seco, ofrece muchas ventajas para su almacenamiento, transporte y manipulación durante su aplicación. El revestimiento de carbamato de amonio de que están provistas

controlar la hidrólisis del fosfuro de aluminio o de magnesio, así como el tiempo requerido para la liberación del gas fosfina, la cual ocurre de la siguiente manera:

fosfuro + humedad del ambiente = fosfina + residuos pulverulentos

La fosfina se cataloga como uno de los productos más tóxicos contra insectos de productos almacenados. Es un veneno de acción lenta que es efectivo a muy bajas concentraciones si el tiempo de exposición es lo suficientemente prolongado. El período de exposición tiene una importancia muy grande, en vista que el gas se difunde lentamente; por ello, el período de exposición no debe ser menor de 72 horas después que el gas ha comenzado a quedar libre, dependiendo en gran medida de la temperatura y de la humedad prevalecientes. Como todas las reacciones químicas, también la fumigación con fosfuro es una función de la temperatura; se realiza más rápidamente a una temperatura elevada.

A temperaturas demasiado bajas resulta dudoso el éxito de una fumigación con fosfina, puesto que es menor la velocidad de gasificación y los insectos a temperaturas bajas disminuyen su frecuencia de respiración. En consecuencia, es demasiado pequeña la cantidad de veneno de respiración fosfina absorbida por las plagas. (7)

Además de la temperatura, también la humedad de las mercaderías y la del aire influyen sobre el comportamiento de los preparados en la fumigación. En presencia de mercaderías muy

secas y en territorios áridos, la humedad demasiado baja puede influir mucho sobre el fenómeno de gasificación de los productos de fosfina. (7)

El fosfuro de aluminio y de magnesio son preparados en diversas formulaciones para numerosos fines. Estos productos en polvo son comprimidos en tabletas planas o redondas que pesan 3 g, y en píldoras (pellets) de 0.6 g, los que desprenden aproximadamente 1 y 0.2 g de fosfina, respectivamente; siendo su relación en peso equivalente de 5 a 1, es decir, 5 píldoras equivalen al peso de una tableta, liberando en proporción la misma cantidad de fosfina. El fosfuro de aluminio en polvo es también formulado en bolsitas o en rollos de papel permeable. (5)

La fosfina es un gas sin color teniendo un olor como carburo o ajo. Entre sus características, están las de no influir en el sabor ni la calidad de los productos tratados; asimismo, en el poder germinativo de la semilla. La intoxicación puede producirse por ingestión o aspiración; sin embargo, este fumigante no es absorbido a través de la piel. La fosfina en sí es muy flamable, pero en la práctica, las pastillas o tabletas contienen carbamato de amonio, el cual, en el momento de la aplicación, da bióxido de carbono y amonio, en cantidades suficientes para evitar la combustión de la fosfina. Hasta donde se sabe, los residuos de fosfina son muy ligeros y no tienen importancia toxicológica si se siguen los procedimientos rutinarios de aireación. (16)

La fosfina inhibe la respiración de los insectos y esta propiedad es única en el sentido de que es solamente tóxica a los insectos en presencia de oxígeno; en ausencia de éste no se absorbe. Sin embargo, la acción de este fumigante es potenciada por el dióxido de carbono y el tiempo de exposición puede reducirse cuando ambos gases actúan en conjunto. (5)

Para el control de insectos muy resistentes, tales como Trogoderma spp. o Sitophilus spp., se recomienda las dosis máximas; asimismo, para combatir plagas menos resistentes como Tribolium spp. o palomillas, serían suficientes las dosis mínimas. Para temperaturas superiores a 25°C en el espacio a fumigar, la dosis puede reducirse a la mínima, en cada caso, conservando siempre como mínimo 72 horas como período de exposición. (2)

En términos generales, deben seguirse las mismas recomendaciones que para los tratamientos con bromuro de metilo, en cuanto a hermeticidad del espacio a fumigar, con la variante de que en el caso de emplear fosfina no es necesaria la distribución del gas por medio de ventiladores; tampoco debe usarse el detector de haluros, ni el de comprobar concentraciones para haluros; en defecto se emplea el monitor de gas para fumigación con fosfato, modelo Bedfont EC80, para monitorear y/o detectar concentraciones de niveles de fosfato (PH_3), que usa como principio de detección un sensor electromecánico sellado. El sensor es de tipo micro-combustible celular, diseñado para mantenimiento libre y para ser estable por largos periodos de

coeficiente de temperatura y tiene una respuesta lineal a las concentraciones de fosfato relativamente por presión. Mide de 0 a 999 ppm (Figura 4).

Por su baja densidad en el aire, alrededor de 1.2 (aire = 1), el poder de penetración de la fosfina es bastante grande; por ello, basta con poner las tabletas arriba de la estiba distribuidas uniformemente. Cuando se emplean sobresitos y seguros de que el polvo residual será retenido por los mismos, su distribución puede hacerse encima de los sacos y entre ellos. (2)

A. DOSIFICACION:

Alas (2), por la variación de condiciones de temperatura y humedad no pueden establecerse dosificaciones muy especificas, pero como valores generales, se recomiendan los siguientes:

* Para silos 2 a 4 tabletas por tonelada
* Almacenamiento a granel 3 a 6 tabletas por tonelada
* Espacios vacios 1/2 a 1 tableta por metro cúbico
* Bajo lona 1/2 a 1 1/2 tabletas por metro cúbico
* Para tabaco 1 tableta por metro cúbico

3.2.6 PIE DE CRIA O INSECTO MONITOR:

Para monitorear la efectivdad de los tratamientos, es necesario utilizar organismos plaga, que sean de amplia distribución, fácil manejo y mantenimiento sencillo del pie de cria y preferiblemente si se les considera dentro de los más resitentes a los fumigantes.

FIGURA 3. Detector multigas Dräger para medir concentraciones de bromuro de metilo.

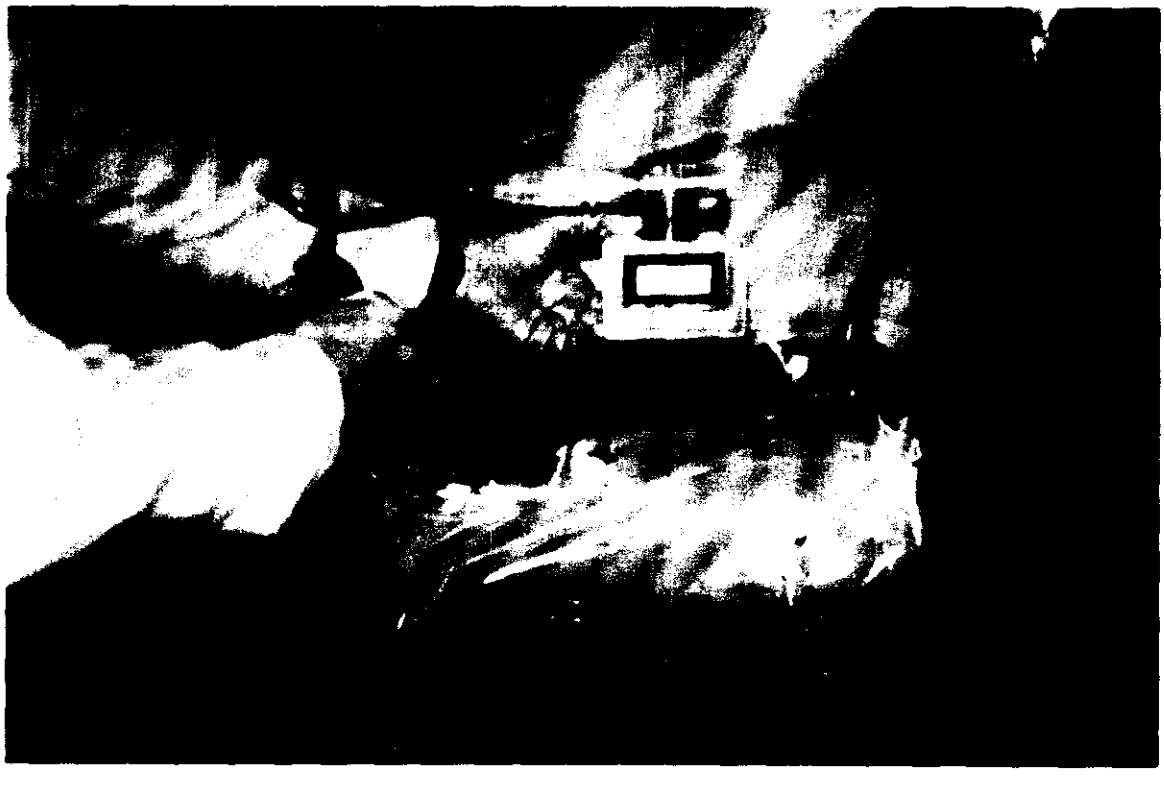

FIGURA 4. Monitor de gas para fumigación con fosfato, modelo Bedfont EC80.

Alas (2) y Morales (15) indican que Sitophilus sp. es un insecto cosmopolita que ocasiona grandes pérdidas a los granos almacenados; además es de fácil crianza y está clasificado como una de las plagas que mayor resistencia ofrece a los plaguicidas.

El ciclo biológico de este insecto empieza cuando la hembra perfora con sus mandíbulas una pequeña galería en el grano. Una vez agujereado este grano, se da la vuelta y efectúa la puesta de un huevo en el fondo de la galería y segrega inmediatamente una sustancia gelatinosa que se endurece en contacto con el aire, sellando el agujero. Cada hembra pone en promedio 350 huevecillos en su vida reproductiva. (6)

Tanto la larva como el adulto son extremadamente voraces. Las larvas son carnosas, blancas y ápodas; va minando y desarrollándose dentro del grano y no sale nunca al exterior. Más adelante se transforma en pupa de color blanco, con apéndices libres, y después en adulto, y en esta última fase es cuando abandona el grano. La duración del ciclo de vida varía, siendo en general más corto en climas cálidos que en fríos. En promedio tardan de 4 a 6 semanas en hacerse adultos y viven de 4 a 6 meses.

Los adultos miden de 4 a 5 mm y el color va de un café rojizo a un café obscuro. Tienen alas bien desarrolladas y vuelan con frecuencia, a excepción de S. granarius que posee élitros unidos y es incapáz de volar. (6)

4. OBJETIVOS.

4.1 OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la eficiencia del procedimiento en la aplicación de los fumigantes bromuro de metilo y fosfina en tres dosificaciones, como tratamiento cuarentenario a granos almacenados en sacos, maíz, arroz y frijol, que ingresan al país por el puerto Santo Tomás de Castilla.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

4.2.1 Evaluar la aplicación y determinar la dosis del fumigante bromuro de metilo que ejerza el 100% de mortalidad en todos los estados del insecto monitor, como tratamiento cuarentenario a los granos almacenados maíz, arroz y frijol, que ingresan al país por el puerto Santo Tomás de Castilla.

4.2.2 Evaluar la aplicación y determinar la dosis del fumigante fosfina que ejerza el 100% de mortalidad en todos los estados del insecto monitor, como tratamiento cuarentenario a los granos almacenados maíz, arroz y frijol, que ingresan al país por el puerto Santo Tomás de Castilla.

4.2.3 Comparar los costos de los tratamientos que resulten ser los mejores, para los dos fumigantes.

5. HIPOTESIS.

5.1 Por lo menos uno de los fumigantes evaluados tiene un efecto diferente sobre el insecto monitor al ser aplicados a los tres granos almacenados en sacos maíz, arroz y frijol, que ingresan al país por el puerto Santo Tomás de Castilla.

5.2 Por lo menos una de las tres dosis a evaluar del fumigante Bromuro de Metilo, presenta una eficiencia diferente a las demás al ser aplicadas a los granos almacenados maíz, arroz y frijol, que ingresan al país por el puerto Santo Tomás de Castilla.

5.3 Por lo menos una de las tres dosis a evaluar del fumigante Fosfina, presenta una eficiencia diferente a las demás al ser aplicadas a los granos almacenados maíz, arroz y frijol, que ingresan al país por el puerto Santo Tomás de Castilla.

6. METODOLOGIA.

6.1 TECNICAS EXPERIMENTALES:

6.1.1 DISEÑO ESTADISTICO:

Se utilizó el diseño experimental BLOQUES AL AZAR CON ARREGLO COMBINATORIO 3^2 CON 3 REPETICIONES, sin testigo; se hizo un experimento para cada uno de los fumigantes, es decir, que se trabajaron por separado, tomando en cuenta que la presentación del producto químico y las dosis son diferentes. Cuando se incluyó al testigo se utilizó el diseño BLOQUES AL AZAR, con 10 tratamientos, habiéndose efectuado uno por cada fumigante.

6.1.2 UNIDAD EXPERIMENTAL:

Se tomó como unidad experimental, para ambos casos a la estiba de 28.3 m^3 (1000 p^3), con las dimensiones siguientes: 4 m X 4 m X 1.77 m (Figura 11A).

6.1.3 MODELO ESTADISTICO:

A. Para ambos fumigantes sin testigo, el modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \delta_k + \alpha\delta_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

μ = efecto de la media general

β_i = efecto de los bloques (i = 1, 2, 3)

α_j = efecto de los granos almacenados (j = maíz, arroz, frijol)

δk = efecto de las dosis del fumigante

δjk = interacción entre el tipo de grano almacenado y las dosis de aplicación

ϵijk = error experimental

B. Para ambos fumigantes con testigo, el modelo estadístico es el siguiente:

$Yij = \mu + \Gamma i + \beta j + \epsilon ij$

μ = efecto de la media general

Γi = efecto del i-ésimo tratamiento

βj = efecto del j-ésimo bloque

ϵij = error experimental

6.1.4 TRATAMIENTOS:

A. PARA BROMURO DE METILO:

Los factores a estudiar son: clase de grano almacenado (A) y dosis del fumigante (B).

Se aplicó el bromuro de metilo (al 100%) a tres clases de granos almacenados en sacos (maíz, arroz, frijol); utilizando tres dosis distintas. Ya que este producto químico se encuentra en el mercado en sus presentaciones mínimas de 0.45 kg (1 lb) y 0.68 kg (1½ lb), se procedió a evaluar la que actualmente utiliza el SIF, una inferior y otra superior; es decir, que las dosificaciones quedaron como sigue: 1 lata de 0.45 kg (1 lb) por unidad experimental, 1 lata de 0.68 kg (1½ lb, la que utiliza el SIF) por unidad experimental y 2 latas de 0.45 kg cada una (2

lbs) por unidad experimental. Buscando la dosis mortal.

Las combinaciones de los factores y sus niveles da un total de 9 tratamientos y con el testigo son 10, los cuales se observan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Combinaciones de clase de grano almacenado y dosis de aplicación del bromuro de metilo, con testigo.

Número de tratamiento	Clase de grano almacenado (A)	Dosis de aplicación (B) kgs	lbs
1	Maiz	0.45	1
2	"	0.68	1½
3	"	0.91	2
4	Arroz	0.45	1
5	"	0.68	1½
6	"	0.91	2
7	Frijol	0.45	1
8	"	0.68	1½
9	"	0.91	2
10	Testigo		

B. PARA FOSFINA:

Básicamente es lo mismo que para el tratamiento con bromuro de metilo, lo único que cambió son las dosis por la presentación de la fosfina, ya que es en forma de tabletas. Además de la dosis utilizada por el SIF, se tomó en cuenta el estudio de Alas (2), que recomienda para la fumigación bajo lonas de 1/2 a 1 1/2 tabletas por metro cúbico. Las dosis empleadas se mencionan a continuación: 14 tabletas por unidad experimental, 28 tabletas (usada por el SIF) por unidad experimental y 42 tabletas por unidad experimental. Siempre con el objetivo de buscar la dosis mortal.

En el cuadro 2 se observan las posibles combinaciones de los factores y sus niveles, incluyendo al testigo.

Cuadro 2. Combinaciones de clase de grano almacenado y dosis de aplicación de fosfina, con testigo.

Número de tratamiento	Clase de grano almacenado (A)	Dosis de aplicación (B) (tabletas)
1	Maíz	14
2	"	28
3	"	42
4	Arroz	14
5	"	28
6	"	42
7	Frijol	14
8	"	28
9	"	42
10	Testigo	

6.2 MANEJO DEL EXPERIMENTO.

6.2.1 ACOMODO DEL GRANO ALMACENADO::

El área escogida para el tratamiento, estuvo restringida a la circulación de personas ajenas al trabajo, bien ventilada y resguardada de los elementos atmosféricos. Se buscó áreas de piso compacto, evitando las superficies porosas y agrietadas.

Para la formación de la unidad experimental, se utilizó una cinta métrica para la cubicación de la estiba; además un montacarga fue útil para el acarreo de los sacos con el producto agrícola tratado.

6.2.2 PIE DE CRIA O INSECTO MONITOR:

Previo a la evaluación de los tratamientos se desarrolló colonias del insecto Sitophilus sp., siendo este un insecto cosmopolita que ocasiona grandes pérdidas a los granos almacenados, es fácil de criar y está clasificado como una de las plagas de granos que mayor resistencia ofrece a los plaguicidas

(2, 15). A continuación se presenta en detalle el procedimiento que se siguió:

A. Un mes antes del inicio del experimento se dispuso de 22.68 kgs (50 lbs) de maiz (que sirvió de dieta alimenticia) infestado con Sitophilus sp. colocándolos en recipientes (frascos o botes) de 2.27 kgs (5 lbs). Las tapaderas se sustituyeron por discos de malla plástica fina sujetadas con cinta elástica, para evitar la fuga de los insectos.

   El pie de cria se mantuvo en una habitación con condiciones de temperatura similares a las de fumigación, para que los insectos no sufrieran alteraciones de su aparato respiratorio por temperaturas inferiores o superiores a la del tratamiento.

B. Se confeccionaron bolsas de tela resistente (manta) de 0.91 kg (2 lbs) de capacidad; sirvieron para colocar dentro de ellas, ejemplares adultos del insecto monitor y su dieta alimenticia infestada que incluia estados inmaduros del mismo. Se puso cuidado con el cierre y ubicación de estas muestras.

C. En cada bolsa se introdujeron 100 insectos adultos y 125 grs de dieta infestada, constituyéndose ésto en una muestra. Esta dieta con los estados inmaduros del Sitophilus sp. fue necesario incluirla en el estudio, para observar si dichos estados son resistentes a la acción de los gases estudiados.

D. Por cada unidad experimental, tanto para bromuro de metilo como para fosfina, se colocaron tres muestras;

distribuyéndolas en la parte alta, en la media y en la parte baja de la estiba o cámara de fumigación. Posteriormente fueron analizados estos estratos.

E. Se prepararon al mismo tiempo que se hacía el tratamiento, muestras testigo, para referencia de la nacencia esperada sin la aplicación del fumigante.

F. Al finalizar cada tratamiento, y posterior a la aireación del espacio fumigado, se recuperaron las muestras colocadas previamente.

G. Las muestras se llevaron a una habitación con condiciones de temperatura similares a la de los tratamientos, porque a veces en algunos fumigantes, la mortalidad puede retardarse u ocasionar una parálisis temporal y los insectos pueden recuperarse completamente transcurrido algún tiempo si vuelven a respirar aire puro (5). Por lo anterior, el recuento de mortalidad se efectuó 24 horas después de finalizado el tratamiento.

H. A partir del recuento de mortalidad, se efectuaron revisiones de las muestras, para observar si el fumigante fue efectivo en huevos, larvas y pupas, que estaban dentro del grano cuando éste fue tratado. Las revisiones se hicieron cada semana, durante 6 semanas, que es el tiempo promedio del ciclo de vida del Sitophilus sp.

6.2.3 APLICACION DE LOS FUMIGANTES:

PARA BROMURO DE METILO:

Se utilizó el aplicador de anillo de lámina galvanizada y como vasija de evaporación funcionó un recipiente de lata de 60 cms X 30 cms X 2 cms. El tiempo de exposición fue de 12 horas para todos los tratamientos con bromuro de metilo.

PARA FOSFINA:

Las tabletas se distribuyeron uniformemente arriba de la estiba, colocándolas en bandejas para recuperar los residuos pulverulentos del producto químico. El tiempo de exposición para los tratamientos con fosfina fue de 72 horas.

6.2.4 CUBIERTA IMPERMEABLE:

El material tratado se cubrió con lonas o carpas plásticas de 10 X 10 mts. Con el fin de sujetar la lona al suelo y evitar fugas de gas del sistema, se utilizaron almohadillas con arena.

6.2.5 AVISOS DE PRECAUCION:

Los rótulos de advertencia de peligro se colocaron en los costados de las estibas de sacos tratados. Los rótulos son impresos con caracteres legibles a una distancia prudencial y a la vez escuetos, para que en una sola observación, cualquier persona pueda advertir el peligro al permanecer en la proximidad del área ocupada por los tratamientos.

6.2.6 DETECCION DE FUGAS:

La fuga de gases de la cámara de fumigación ocasiona que se apliquen dosis inefectivas; cuando se localizó alguna fuga se selló con los medios que se tuvieron al alcance (cinta engomada y colocación apropiada de las almohadillas).

PARA BROMURO DE METILO:

Para localizar fugas en los tratamientos con bromuro de metilo se utilizó el detector de haluros electrónico, que percibe el gas por medio de un sensor de alta eficiencia y lo demuestra a base de sonidos y luces que posee en el tablero de operaciones. El personal puede maniobrar sin necesidad del equipo de protección hasta cuando la segunda bombilla del tablero se enciende; a partir de la tercera bombilla es indispensable su uso. Se realizaron tres monitoreos del ambiente durante el experimento.

PARA FOSFINA:

Para determinar fugas del sistema se empleó el monitor de gas para fumigación con fosfato, modelo Bedfont EC80. Al igual que el anterior se realizaron tres monitoreos del ambiente durante las fumigaciones.

6.2.7 DETECCION DE CONCENTRACION DENTRO DE LA CAMARA DE FUMIGACION:

PARA BROMURO DE METILO:

Se usó el detector multigas Dräger con escala de detección de 10 hasta 100 ppm con dos carreras de la bomba detectora. Se

realizaron muestreos en la parte alta, media y baja del espacio que se fumigó, haciéndolo a las 6 horas y 12 horas después de iniciado cada tratamiento.

PARA FOSFINA:

Se utilizó el mismo instrumento empleado para la detección de fugas, es decir, el Bedfont EC80, con escala de detección de 0 a 999 ppm. Se realizaron muestreos en la parte alta, media y baja de la unidad experimental, haciéndolos a las 24 horas, 48 horas y 72 horas después de iniciado cada tratamiento.

Las concentraciones de los tratamientos que resultaron los mejores se presentan en los cuadros 15, 16 y 17.

6.2.8 VENTILACION Y RECOLECCION DE MUESTRAS:

Después de terminado el tiempo de exposición de cada tratamiento, se procedió al desencarpado de las unidades experimentales con el equipo de protección, y posteriormente se recolectaron las muestras de los insectos con su dieta alimenticia, que previamente habían sido colocadas.

6.3 VARIABLE RESPUESTA.

6.3.1 PIE DE CRIA:

Esta variable se tomó de acuerdo al conteo del insecto monitor (Sitophilus sp.) posterior a la fumigación; además de observar las muestras que contenían las dietas alimenticias durante 6 semanas posteriores a la fumigación. De este conteo y observación se estableció las dosis correctas para los dos

fumigantes en determinado grano almacenado, siempre bajo las condiciones de un adecuado manejo del experimento (evitando fugas del sistema, principalmente).

Con el fin de darle un calificativo a las fumigaciones que actualmente realiza el SIF, se propuso el cuadro 3, en base al número de insectos vivos que después de los tratamientos quedaran o emergieran en las muestras colocadas.

Cuadro 3. Calificativo a los tratamientos que actualmente realiza el SIF a granos almacenados, de acuerdo al No. de insectos vivos seis semanas después de los tratamientos.

No. DE INSECTOS VIVOS DESPUES DEL TRATAMIENTO	CALIFICATIVO
00	Excelente
01 - 05	Muy bueno
06 - 10	Bueno
11 - 15	Regular
16 - 20	Deficiente
> 20	Malo

6.3.2 TEMPERATURA:

Como todas las reacciones químicas estan en función de la temperatura, se realizaron lecturas para tener referencia de las que imperaron durante la evaluación de las fumigaciones.

Para los tratamientos con bromuro de metilo se tomó tres veces la temperatura; al inicio, a las 6 horas y al final de las evaluaciones; luego se hizo el promedio.

Para los tratamientos con fosfina se hicieron lecturas dos veces diarias, es decir, que se tomó seis veces la temperatura mientras estuvieron las evaluaciones con dicho fumigante; se realizó el promedio por tratamiento.

Para el efecto se utilizó un termómetro en grados Celsius.

6.4 ANALISIS DE DATOS.

6.4.1 ANALISIS ESTADISTICO:

Todos los datos de número de insectos vivos después del tratamiento, fueron transformados a $\sqrt{x + 1}$. Luego se sometieron al análisis de varianza y cuando se detectaron diferencias significativas se realizó la prueba de Duncan. Los datos obtenidos se ordenaron en cuadros y figuras con el objeto de facilitar la interpretación de resultados.

6.4.2 CALCULO DE COSTOS DE LOS FUMIGANTES:

Se calculó el precio de las dosis de los fumigantes que resultaron ser las mejores, es decir, las que controlen en un 100% al insecto monitor en sus 4 estados evolutivos. Ya que el beneficio es el mismo, se identificó la más económica. El precio regional se presenta en dólares norteamericanos y para Guatemala el equivalente en quetzales. Los precios obtenidos se ordenaron en cuadros.

7. RESULTADOS Y DISCUSION.

Como punto de partida es necesario indicar que en todas las aplicaciones efectuadas con las tres dosis de ambos fumigantes, se consiguió el 100% de mortalidad de los insectos adultos colocados previamente a los tratamientos dentro de las muestras, es decir, que todas las dosis utilizadas si funcionan para controlar al insecto monitor (Sitophilus sp.) en esta fase evolutiva. El resultado fue diferente para otros estados inmaduros que estaban en los granos de la dieta alimenticia y resistieron el efecto de los fumigantes, lo cual se discutirá más adelante.

7.1 COMPARACION DEL TESTIGO CON LOS TRATAMIENTOS FUMIGANTES EVALUADOS:

Para referencia del número de muertos y vivos en condiciones naturales, se prepararon muestras testigo, que no fueron expuestas a ninguno de los gases utilizados. Haciendo el recuento al final de las seis semanas, se comprobó que si existen diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos.

7.1.1 TRATAMIENTOS CON BROMURO DE METILO:

Para poder visualizar el comportamiento del tratamiento testigo, respecto a las muestras que estuvieron expuestas a las tres dosificaciones del bromuro de metilo en la parte alta de la cámara de fumigación se presenta el cuadro 4 con la prueba de

Duncan; se observa la alta significancia del testigo.

Cuadro 4. Prueba de Duncan para la variable "Insectos Vivos transcurridas seis semanas después del tratamiento con bromuro de metilo en la parte alta de la cámara de fumigación".

No.	Tratamiento	Media	Duncan al 5% de significancia
10	Testigo	54.65	A
04	Arroz - 0.45 kg	1.92	B
01	Maiz - 0.45 kg	0.00	B
02	Maiz - 0.68 kg	0.00	B
03	Maiz - 0.91 kg	0.00	B
05	Arroz - 0.68 kg	0.00	B
06	Arroz - 0.91 kg	0.00	B
07	Frijol- 0.45 kg	0.00	B
08	Frijol- 0.68 kg	0.00	B
09	Frijol- 0.91 kg	0.00	B

***Las medias con la misma letra son estadísticamente iguales.**

En el cuadro 5 se presenta la prueba de Duncan para los insectos vivos en la parte media de la cámara de fumigación con Bromuro de Metilo, en donde el testigo vuelve a presentar la mayor cantidad.

Cuadro 5. Prueba de Duncan para la variable "Insectos Vivos transcurridas seis semanas después del tratamiento con bromuro de metilo en la parte media de la cámara de fumigación".

No.	Tratamiento	Media	Duncan al 5% de significancia
10	Testigo	54.65	A
04	Arroz - 0.45 kg	1.59	B
07	Frijol- 0.45 kg	0.30	B
01	Maiz - 0.45 kg	0.00	B
02	Maiz - 0.68 kg	0.00	B
03	Maiz - 0.91 kg	0.00	B
05	Arroz - 0.68 kg	0.00	B
06	Arroz - 0.91 kg	0.00	B
08	Frijol- 0.68 kg	0.00	B
09	Frijol- 0.91 kg	0.00	B

Para la parte baja de la cámara de fumigación con bromuro de metilo no se presenta cuadro porque existió un 100% de

mortalidad en todos los tratamientos.

Como se observa el bromuro de metilo ejerce control sobre el insecto monitor, aunque no es total en todos los tratamientos, pero si es significativa la disminución de insectos en relación al testigo.

7.1.2 TRATAMIENTOS CON FOSFINA:

En el cuadro 6 se presenta la prueba de Duncan para fosfina, correspondiente a la parte alta de la cámara de fumigación, la cual refleja la alta significancia del testigo respecto a los tratamientos con dicho fumigante.

Cuadro 6. Prueba de Duncan para la variable "Insectos Vivos transcurridas seis semanas después del tratamiento con fosfina en la parte alta de la cámara de fumigación".

No.	Tratamiento	Media	Duncan al 5% de significancia
10	Testigo	42.30	A
07	Frijol-14 tabletas	4.48	B
04	Arroz -14 tabletas	3.88	B
01	Maiz -14 tabletas	1.50	B
05	Arroz -28 tabletas	1.19	B
02	Maiz -28 tabletas	0.54	B
08	Frijol-28 tabletas	0.30	B
03	Maiz -42 tabletas	0.00	B
06	Arroz -42 tabletas	0.00	B
09	Frijol-42 tabletas	0.00	B

En el cuadro 7 se presenta la prueba de medias que corresponde a la parte media de la cámara de fumigación, siempre teniendo como referencia al testigo, donde se vuelve a observar las diferencias significativas de insectos vivos después de los tratamientos que presenta éste.

Cuadro 7. Prueba de Duncan para la variable "Insectos Vivos transcurridas seis semanas después del tratamiento con fosfina en la parte media de la cámara de fumigación".

No.	Tratamiento	Media	Duncan al 5% de significancia
10	Testigo	42.30	A
07	Frijol-14 tabletas	4.48	B
04	Arroz -14 tabletas	3.33	B C
01	Maiz -14 tabletas	1.62	B C
08	Frijol-28 tabletas	0.90	B C
05	Arroz -28 tabletas	0.77	B C
02	Maiz -28 tabletas	0.00	C
03	Maiz -42 tabletas	0.00	C
06	Arroz -42 tabletas	0.00	C
09	Frijol-42 tabletas	0.00	C

En el cuadro 8 que se presenta a continuación se muestra la prueba de Duncan para los insectos vivos en la parte baja de la cámara fumigada con Fosfina en donde nuevamente se observan las diferencias que muestra el testigo respecto a los tratamientos.

Cuadro 8. Prueba de Duncan para la variable "Insectos Vivos transcurridas seis semanas después del tratamiento con fosfina en la parte baja de la cámara de fumigación".

No.	Tratamiento	Media	Duncan al 5% de significancia
10	Testigo	42.30	A
07	Frijol-14 tabletas	3.97	B
01	Maiz -14 tabletas	1.99	B
04	Arroz -14 tabletas	1.92	B
05	Arroz -28 tabletas	0.90	B
02	Maiz -28 tabletas	0.90	B
08	Frijol-28 tabletas	0.54	B
03	Maiz -42 tabletas	0.00	B
06	Arroz -42 tabletas	0.00	B
09	Frijol-42 tabletas	0.00	B

Lo que se puede observar en los cuadros 6, 7 y 8, es una situación similar a lo sucedido con el bromuro de metilo, en el sentido de que cualquier dosis de fosfina (inclusive la más baja), ejerce cierto grado de control sobre el organismo monitor

en los tres diferentes estratos de la unidad experimental; pero como nuestro principal objetivo es encontrar la dosis que ejerza el 100% de mortalidad en todos los estados evolutivos, se aprecia que la dosis de 42 tabletas es la indicada para los tres granos almacenados. A excepción de la parte media en maíz, que el 100% de mortalidad se logró con la dosis de 28 tabletas.

En las figuras 5 y 6 se aprecian las diferencias que existen entre el tratamiento testigo y los tratamientos con bromuro de metilo y con fosfina, respectivamente.

7.2 EVALUACION DE LOS TRATAMIENTOS EXCLUYENDO AL TESTIGO:

Se estableció que cualquiera de las dosis de ambos fumigantes empleadas reduce notoriamente el grado de infestación sobre poblaciones del insecto monitor (Sitophilus sp.), comparados con poblaciones que no fueron expuestas con ningún fumigante. Con los resultados obtenidos en el ARREGLO COMBINATORIO se procederá a identificar las dosis mortales para cada uno de los fumigantes y granos almacenados estudiados.

7.2.1 PARA BROMURO DE METILO:

En el cuadro 9 se observa la prueba de medias para el factor A (tipo de grano almacenado) para la parte alta de la cámara de fumigación, en donde el arroz presentó insectos vivos, mientras que el maíz y el frijol no lo presentaron, después de las seis semanas de observación.

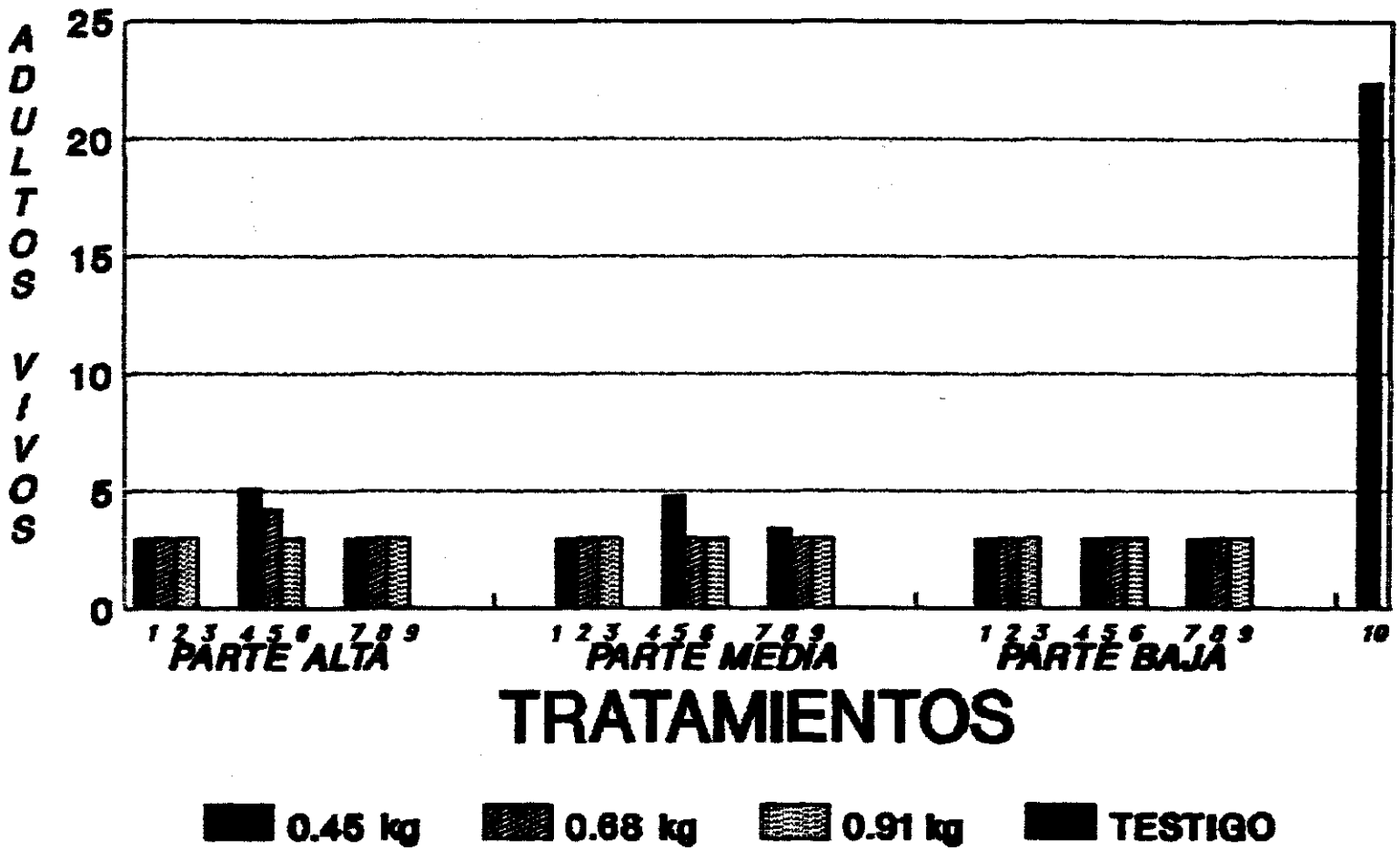

FIGURA 5: No. de insectos vivos 6 semanas despues del tratamiento con bromuro de metilo, mostrando al testigo.

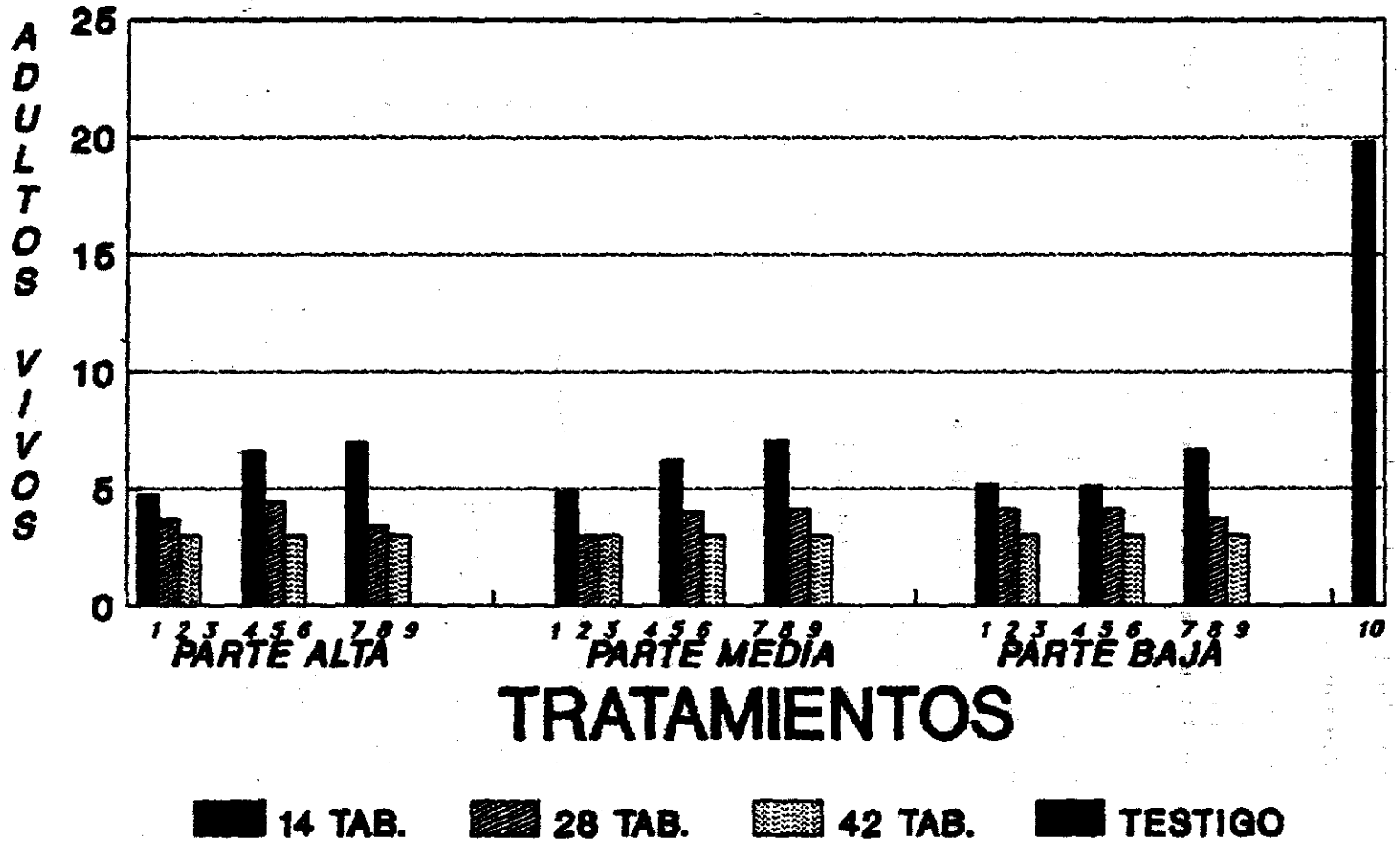

FIGURA 6: No. de insectos vivos 6 semanas despues del tratamiento con fosfina, mostrando al testigo.

Cuadro 9. Prueba de Duncan para la variable "Insectos Vivos transcurridas seis semanas después de los tratamientos con bromuro de metilo en la parte alta de la cámara de fumigación para el factor granos almacenados".

No.	Factor A	Media	Duncan al 5% de significancia
02	Arroz	0.90	A
01	Maiz	0.00	B
03	Frijol	0.00	B

***Medias con la misma letra son estadisticamente iguales.**

Para el bromuro de metilo parte media de la cámara de fumigación hubo diferencias altamente significativas para el factor A (tipo de grano almacenado), factor B (dosis) y la interacción A * B; la prueba de Duncan para la interacción se presenta en el cuadro 10.

Cuadro 10. Prueba de Duncan para la variable "Insectos Vivos transcurridas seis semanas después del tratamiento con bromuro de metilo en la parte media de la cámara de fumigación para la interacción granos almacenados * dosis".

No.	Tratamiento	Media	Duncan al 5% de significancia
2-1	Arroz - 0.45 kg	1.56	A
3-1	Frijol- 0.45 kg	0.28	B
1-1	Maiz - 0.45 kg	0.00	B
1-2	Maiz - 0.68 kg	0.00	B
1-3	Maiz - 0.91 kg	0.00	B
2-2	Arroz - 0.68 kg	0.00	B
2-3	Arroz - 0.91 kg	0.00	B
3-2	Frijol- 0.68 kg	0.00	B
3-3	Frijol- 0.91 kg	0.00	B

Lo que se observa es que en la parte media las dosis de 0.45 kg para arroz y para frijol no fueron efectivas, porque quedó por lo menos uno vivo y esta situación para aspectos cuarentenarios no es funcional aunque el tratamiento 3-1 (frijol - 0.45 kg) sea estadisticamente igual al resto de los tratamientos. Es decir, que se tiene que presentar la situación que sea arroz o frijol,

el material tratado, para que en la parte media de la unidad experimental el bromuro de metilo no ejerza el control con la dosis de 0.45 kg.

Para la parte baja de la estiba o unidad experimental si hubo un control del 100% con las tres dosis y en los tres granos, por esta razón no se presenta cuadro.

Entonces, se resume que el bromuro de metilo en la dosis de 0.45 kg (1 lb) por unidad experimental es efectivo para el maiz. Y para los granos arroz y frijol, la dosis indicada es la de 0.68 kg (1½ lb) por unidad experimental; ambas situaciones con 12 horas de exposición, para las condiciones del puerto Santo Tomás de Castilla.

Tomando como base los datos originales de insectos vivos después del tratamiento por estrato, se tiene que la parte alta es la que presenta más problemas en cuanto a control; mientras que la parte baja no reporta ningún insecto vivo. Esto último sucede porque los vapores del bromuro de metilo son 3.3 veces más pesados que el aire y tiende a depositarse en las capas inferiores. (1)

7.2.2 PARA FOSFINA:

En el cuadro 11 se aprecia la prueba de Duncan para la parte alta de la cámara de fumigación, existiendo diferencias altamente significativas para el factor B (dosis de fosfina). La dosis de 14 tabletas es la que resultó ser la menos efectiva, pero la dosis de 28 tabletas tampoco la fue, aunque sea estadísticamente

igual a la dosis de 42 tabletas; esta última si logró el 100% de mortalidad en los tres granos.

Cuadro 11. Prueba de Duncan para la variable "Insectos Vivos transcurridas seis semanas después del tratamiento con fosfina en la parte alta de la cámara de fumigación para el factor dosis de fumigante".

No.	Factor B	Media	Duncan al 5% de significancia
01	14 tabletas	0.16	A
02	28 tabletas	0.56	B
03	42 tabletas	0.00	B

La parte media presenta alta significancia en los factores A (tipo de grano almacenado) y B (dosis de fosfina). Los tres granos reportan insectos vivos, siendo el frijol el que más índice tiene seguido del arroz y por último el maíz. En lo que respecta a las dosis existió diferencia entre las tres, presentando la dosis mínima (14 tabletas) el valor más alto de vivos; le sigue la dosis empleada por el SIF (28 tabletas) y finalmente la que no reportó insectos vivos fue la dosis de 42 tabletas por unidad experimental. Las pruebas de Duncan para estos factores se presentan a continuación en los cuadros 12 y 13.

Cuadro 12. Prueba de Duncan para la variable "Insectos Vivos transcurridas seis semanas después del tratamiento con fosfina en la parte media de la cámara de fumigación para el factor granos almacenados".

No.	Factor A	Media	Duncan al 5% de significancia
03	Frijol	1.50	A
02	Arroz	1.16	A
01	Maíz	0.46	B

Cuadro 13. Prueba de Duncan para la variable "Insectos Vivos transcurridas seis semanas después del tratamiento con fosfina en la parte media de la cámara de fumigación para el factor dosis de fumigante".

No.	Factor B	Media	Duncan al 5% de significancia		
01	14 tabletas	3.08	A		
02	28 tabletas	0.54		B	
03	42 tabletas	0.00			C

Analizando los dos cuadros anteriores se constató que para la parte media, la dosis que resultó ser la mejor es la de 42 tabletas por unidad experimental para todos los granos almacenados.

Para la parte baja existieron diferencias altamente significativas para el factor B (dosis de fosfina); correspondiendo esta diferencia a la dosis mínima, mientras que las dosis intermedia (28 tabletas) y superior (42 tabletas) se comportaron estadísticamente igual, con la diferencia que en la de 42 tabletas no hubo ningún insecto vivo. En otras palabras esta dosis ejerció el control cuarentenario. La prueba de medias para dicho factor se presenta en el cuadro 14.

Cuadro 14. Prueba de Duncan para la variable "Insectos Vivos transcurridas seis semanas después del tratamiento con fosfina en la parte baja de la cámara de fumigación para el factor dosis de fumigante".

No.	Factor B	Media	Duncan al 5% de significancia	
01	14 tabletas	2.57	A	
02	28 tabletas	0.77		B
03	42 tabletas	0.00		B

Observando los cuadros que corresponden al gas fosfina, se puede concluir que la mejor dosis para tratamientos con fines cuarentenarios es la de 42 tabletas por 28.32 metros cúbicos

(1000 pies cúbicos), para los granos almacenados maíz, arroz y frijol, con un tiempo de exposición de 72 horas para las condiciones del puerto Santo Tomás de Castilla.

De acuerdo a la sumatoria de insectos vivos después del tratamiento en cada uno de los estratos se tiene que la parte alta es la que presenta más problemas por la cantidad de insectos vivos que registra, mientras que la que reporta el menor valor es la parte baja. Esto es por ser más densos los vapores del gas fosfina (1.2) que el aire (1) y tienden a concentrarse en las partes inferiores. (2)

7.3 CALIFICATIVO A LOS TRATAMIENTOS QUE REALIZA EL SIF DE ACUERDO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

Conforme el cuadro 3 propuesto en la metodología para darle calificativos a los tratamientos cuarentenarios que actualmente realiza el Servicio Internacional de Fumigación (SIF) a los granos almacenados en sacos, se observa que las fumigaciones con 0.68 kg (1½ lb) de bromuro de metilo por 28.32 m^3 (1000 p^3) son EXCELENTES, ya que se logró el 100% de mortalidad del insecto monitor, en todos sus estados, determinándolo durante las seis semanas que se observaron las muestras que fueron expuestas al gas.

Los tratamientos cuarentenarios efectuados a granos almacenados por el SIF con fosfina (28 tabletas por 28.32 m^3), son DEFICIENTES de acuerdo al cuadro 3 (p. 44), porque

emergieron 20 insectos durante las seis semanas de observación posteriores a la fumigación. Probablemente habian tomado el criterio de utilizar esta dosis basándose en los efectos que ocasiona la fosfina en el estado adulto, que como se mencionó al inicio de este capítulo, se logra el 100% de mortalidad de dicho estado inclusive con la dosis más baja estudiada (14 tabletas por 28.32 m^3); además toman en cuenta las dosis recomendadas en los manuales de referencia y también cumplen las disposiciones que la autoridad del país encargada de implementar las medidas cuarentenarias, en ocasiones dicta. Para las condiciones del puerto Santo Tomás de Castilla, la dosis mortal para todos los estados del insecto monitor es la de 42 tabletas por 28.32 m^3, tomando en cuenta que el Sitophilus sp. se considera, junto con Trogoderma granarium, como uno de los más resistentes a los plaguicidas. (2,15)

7.4 CONCENTRACIONES DE LOS GASES DENTRO DE LA CAMARA DE FUMIGACION, PARA LAS DOSIS QUE RESULTARON SER LAS MEJORES.

7.4.1 PARA BROMURO DE METILO:

Se utilizó el detector multi gas Dräger, realizando dos monitoreos durante el tratamiento; uno 6 horas después de haberse iniciado y el segundo 12 horas después del comienzo, antes del desencarpado. Tomando una muestra en cada estrato.

Los resultados de 0.45 kg por unidad experimental aplicados

a maíz, se presentan en el cuadro 15 y los resultados de las lecturas correspondientes a la dosis para el arroz y frijol de 0.68 kg en el cuadro 16.

Cuadro 15. PPM de bromuro de metilo con dos monitoreos en tres estratos diferentes, aplicados a maíz en dosis de 0.45 kg (1 lb).

Estrato	6 HORAS	12 HORAS
Parte Alta	62 ppm	46 ppm
Parte Media	58 ppm	43 ppm
Parte Baja	41 ppm	52 ppm

Cuadro 16. PPM de bromuro de metilo con dos monitoreos en tres estratos diferentes, aplicados a arroz y frijol en dosis de 0.68 kg (1½ lbs).

Estrato	6 HORAS	12 HORAS
Parte Alta	89 ppm	57 ppm
Parte Media	81 ppm	54 ppm
Parte Baja	58 ppm	61 ppm

7.4.2 PARA FOSFINA:

Para detectar las concentraciones de fosfina dentro de la cámara de fumigación se utilizó el monitor BEDFONT EC80. Se realizaron tres lecturas, la primera 24 horas después de iniciado el tratamiento, la segunda a las 48 horas y la última a las 72 horas, considerando las tres partes del área fumigada.

En el cuadro 17 se presentan las ppm leídas en las dosis de 42 tabletas por unidad experimental para los tres granos almacenados.

Cuadro 17. PPM de fosfina con tres monitoreos en tres estratos diferentes, aplicados a maíz, arroz y frijol en dosis de 42 tabletas.

ESTRATO	24 HORAS	48 HORAS	72 HORAS
Parte Alta	750 ppm	545 ppm	254 ppm
Parte Media	615 ppm	428 ppm	230 ppm
Parte Baja	675 ppm	387 ppm	289 ppm

7.5 TEMPERATURAS REGISTRADAS:

Para tener referencia de las temperaturas que se registraron durante los tratamientos, se presentan a continuación en el cuadro 18 los promedios.

Cuadro 18. Temperaturas promedio registradas en los tratamientos efectuados en el puerto Santo Tomás de Castilla, durante los meses de nov - dic/92 y enero/93.

No. Repet.	Fumigante	Dosis	Producto Almacenado	Temperatura (°C)
3	Bromuro de Metilo	0.45 kg	Maiz	21.9
3	Bromuro de Metilo	0.68 kg	Maiz	24.4
3	Bromuro de Metilo	0.91 kg	Maiz	24.8
3	Bromuro de Metilo	0.45 kg	Arroz	22.4
3	Bromuro de Metilo	0.68 kg	Arroz	27.3
3	Bromuro de Metilo	0.91 kg	Arroz	23.4
3	Bromuro de Metilo	0.45 kg	Frijol	25.6
3	Bromuro de Metilo	0.68 kg	Frijol	22.8
3	Bromuro de Metilo	0.91 kg	Frijol	25.5
3	Fosfina	14 tabletas	Maiz	25.15
3	Fosfina	28 tabletas	Maiz	25.15
3	Fosfina	42 tabletas	Maiz	23.10
3	Fosfina	14 tabletas	Arroz	23.70
3	Fosfina	28 tabletas	Arroz	24.0
3	Fosfina	42 tabletas	Arroz	27.0
3	Fosfina	14 tabletas	Frijol	24.70
3	Fosfina	28 tabletas	Frijol	24.70
3	Fosfina	42 tabletas	Frijol	24.70

$\bar{X}$ = **24.46**

7.6 COMPORTAMIENTO DE LA APARICION DE INSECTOS ADULTOS DESPUES DE LOS TRATAMIENTOS:

A continuación se presenta gráficamente la eclosión de los insectos adultos en las muestras que fueron expuestas a los fumigantes. Los conteos se hicieron cada semana, durante seis semanas posteriores a los tratamientos, que es el tiempo promedio en convertirse en adulto el insecto monitor. Se comprueba lo estudiado por Bond (5) que dice que las etapas de huevo y pupa son las más resistentes al efecto de los fumigantes, debido a sus bajas tasas metabólicas y respiratorias. La mayoría emergieron en la quinta semana.

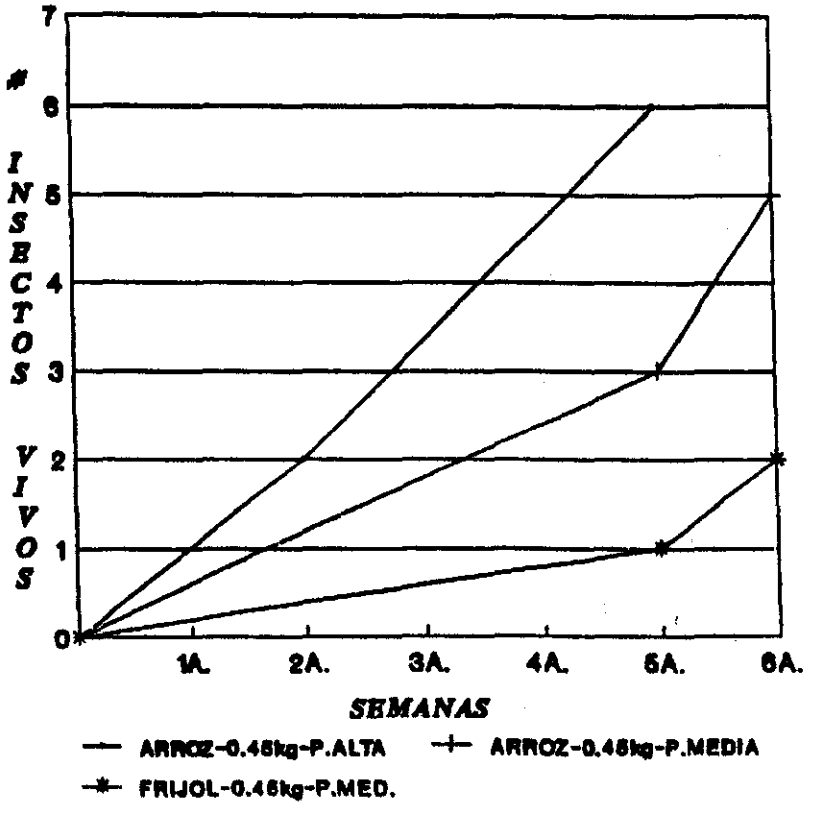

Figura 7. Insectos vivos seis semanas despues del tratamiento con bromuro de metilo.

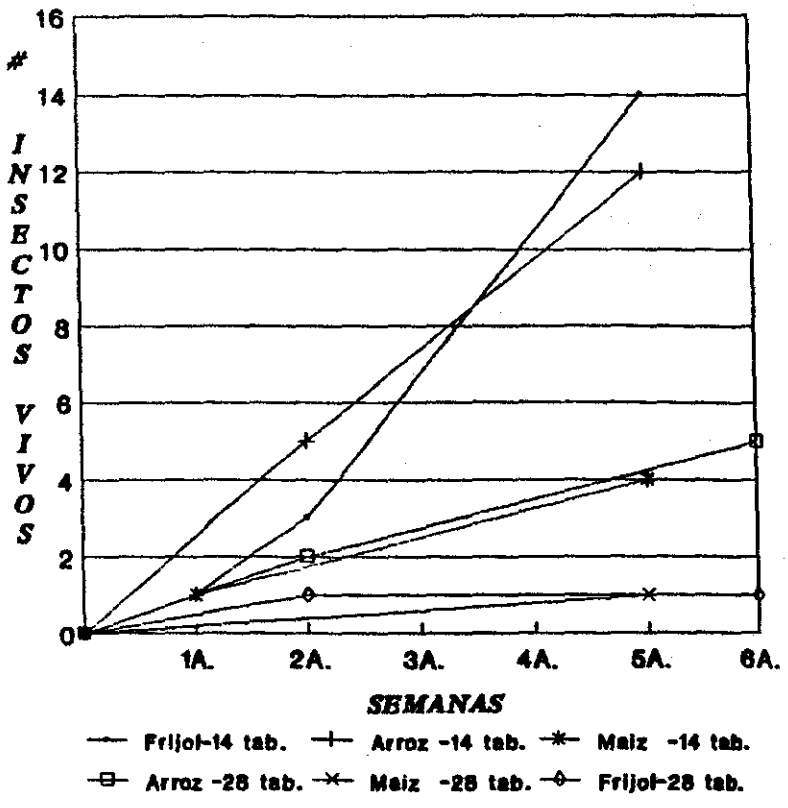

Figura 8. Insectos vivos seis semanas despues del tratamiento con fosfina, en la parte alta.

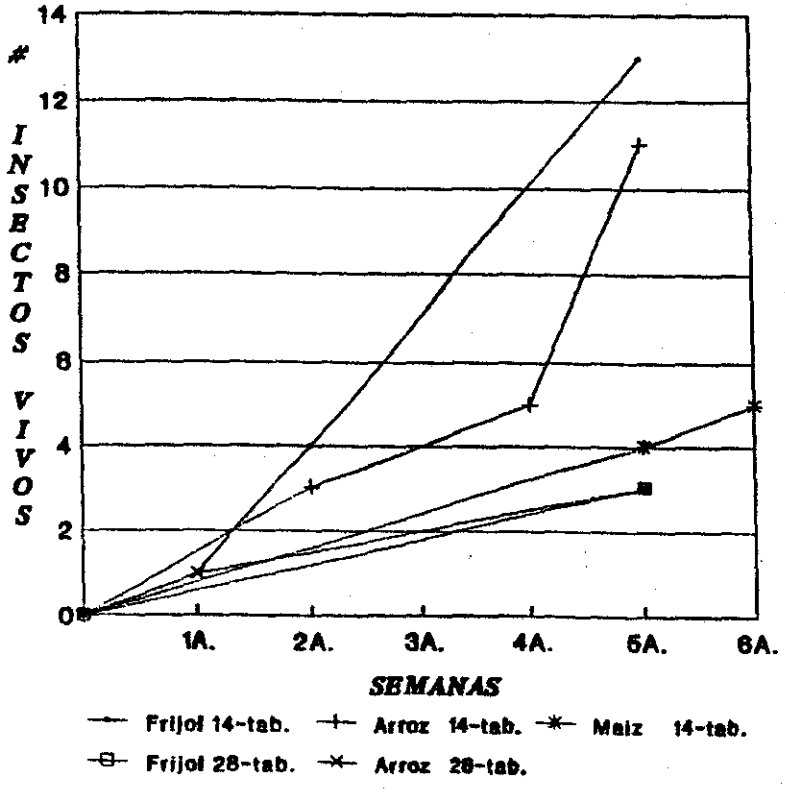

Figura 9. Insectos vivos seis semanas despues de tratamiento con fosfina, en la parte media.

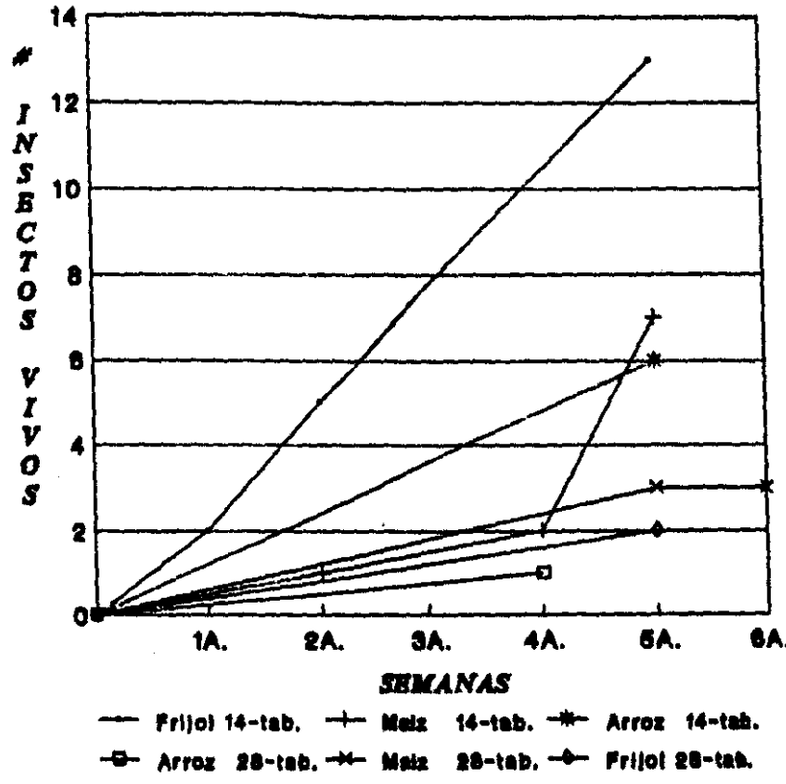

Figura 10. Insectos vivos seis semanas despues del tratamiento con fosfina, en la parte baja.

7.7 CALCULO DE COSTOS DE LOS MEJORES TRATAMIENTOS.

De acuerdo a los precios de los fumigantes que actualmente están en vigencia en el mercado regional para OIRSA, los costos por dosis de fumigante son los siguientes:

7.7.1 PARA BROMURO DE METILO:

La libra (0.45 kg) se cotiza en US$1.56. Es decir, que el costo del bromuro de metilo para provocar el 100% de mortalidad

en los diferentes estados del insecto monitor aplicado en maíz (0.45 kg / 28.32 m^3) es de US$1.56; mientras que para arroz y frijol se necesita 0.68 kg (1½ lb) para ejercer el control cuarentenario, siendo su costo de US$2.34 por 28.32 m^3 (1000 p^3).

Cuadro 19. Costo de las mejores dosis de bromuro de metilo como tratamiento cuarentenario, aplicado a maíz, arroz y frijol en sacos por 28.32 m^3.

Grano	Mejor Dosis	Precio en US$	Precio en Q.*
Maíz	0.45 kg (1 lb)	1.56	8.50
Arroz	0.68 kg (1½lb)	2.34	12.75
Frijol	0.68 kg (1½lb)	2.34	12.75

7.7.2 PARA FOSFINA:

La tableta de fosfina se cotiza en US$0.04, o sea, que para los tres granos en estudio el costo por fumigante será el mismo, por ser la dosis de 42 tabletas por 28.32 m^3 mortal para los tres.

Cuadro 20. Costo de la mejor dosis de fosfina como tratamiento cuarentenario, aplicado a maíz, arroz y frijol en sacos por 28.32 m^3.

Grano	Mejor Dosis	Precio en US$	Precio en Q.*
Maíz	42 tab.	1.68	9.16
Arroz	42 tab.	1.68	9.16
Frijol	42 tab.	1.68	9.16

*Q. 5.45 = 1US$

8. CONCLUSIONES.

8.1 Con las dosis más bajas evaluadas de los fumigantes bromuro de metilo (0.45 kg) y fosfina (14 tabletas) por 28.32 metros cúbicos se consigue el 100% de mortalidad del estado adulto del insecto monitor (Sitophilus sp.).

8.2 Las dosis de los dos fumigantes (inclusive la más baja), reduce considerablemente el nacimiento post-tratamiento de insectos, comparado con poblaciones no expuestas a los gases.

8.3 Las dosis que provocan un 100% de mortalidad para todos los estados del insecto monitor con bromuro de metilo son las siguientes: para maiz en sacos, 0.45 kg (1 lb) por 28.32 metros cúbicos (1000 pies cúbicos); para el arroz y para el frijol en sacos, la dosis efectiva es la de 0.68 kg (1½ lb) por 28.32 metros cúbicos (1000 pies cúbicos). En ambos casos con un periodo de 12 horas de exposición al fumigante.

8.4 La dosis que provoca un 100% de mortalidad para todos los estados del insecto monitor con el gas fosfina es de 42 tabletas por 28.32 metros cúbicos (1000 pies cúbicos), para los granos maiz, arroz y frijol en sacos. Con un periodo de exposición de 72 horas al fumigante.

8.5 De acuerdo al calificativo que se le dió a los tratamientos cuarentenarios efectuados por el Servicio Internacional de

Fumigación (SIF) a granos almacenados en sacos, en el puerto Santo Tomás de Castilla, las fumigaciones con bromuro de metilo (0.68 kg / 28.32 metros cúbicos) son EXCELENTES, mientras que a las fumigaciones con fosfina (28 tabletas por 28.32 metros cúbicos) se le da el calificativo de DEFICIENTE, por la cantidad de insectos que nacieron después de realizados los tratamientos.

8.6 Por lo que muestran las gráficas de aparición de adultos después de los tratamientos, se observa que el estado inmaduro más resistente a los fumigantes del insecto monitor (Sitophilus sp.) es el de huevo.

8.7 Los costos de los fumigantes por 28.32 metros cúbicos son: para bromuro de metilo aplicado en maíz es de US$1.56 (Q.8.50); y para arroz y frijol es de US$2.34 (Q.12.75). El costo para fosfina en los 3 granos es de US$1.68 (Q.9.16).

9. RECOMENDACIONES.

9.1 Aplicar 0.45 kg (1 lb) de bromuro de metilo por 28.32 metros cúbicos (1000 pies cúbicos) con 12 horas de exposición, cuando sea maíz en sacos, el producto que se le desea realizar el tratamiento cuarentenario.

9.2 Aplicar la dosis de fosfina (42 tabletas por 28.32 metros cúbicos) a los granos almacenados en sacos de arroz y frijol con 72 horas de exposición; no sólo por ser más económica sino por lo práctico que resulta su aplicación.

9.3 Se recomienda continuar con los estudios de evaluación de los fumigantes aquí tratados, aplicados a otros productos de origen vegetal en el puerto Santo Tomás de Castilla, ya que es por aquí donde ingresan la mayor parte de mercancías al país.

9.4 Poner atención cuando se realicen ensayos que involucre insecto monitor con su dieta alimenticia; no es adecuado evaluar inmediatamente los resultados, es necesario tener bajo observación las muestras tratadas posterior a los tratamientos para tomar las decisiones justas.

10. BIBLIOGRAFIA.

1. AGENCIA INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO. 1963. Insectos; las plagas en la agricultura y sistemas para combatirlas. México. 865 p.

2. ALAS LOPEZ, A. 1990. Manual de tratamientos cuarentenarios. San Salvador, El Salvador, OIRSA. 79 p.

3. ARANA RODRIGUEZ, F. 1992. Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal, Guatemala. Empresa Portuaria Nacional Santo Tomás de Castilla. (Correspondencia personal).

4. BERG, G. 1989. La cuarentena vegetal; teoría y práctica. El Salvador, OIRSA. 440 p.

5. BOND, E.J. 1986. Manual de fumigación contra insectos. Roma, FAO. Estudio FAO producción y protección vegetal. No. 54. 413 p.

6. COTTON, R.T. 1979. Silos y graneros; plagas y desinsectación. Barcelona, España, Ed. OIKOS-TAY. 328 p.

7. DETIA EXPORT GmbH (Alemania). s.f. Fumigaciones con fosfamina. Laundenbach, Alemania. 56 p.

8. DURON AVILES, E. s.f. OIRSA y su organización; orígenes y formación del OIRSA. Guatemala, OIRSA. 5 p.

9. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. DEPARTAMENTO DE CUARENTENA VEGETAL. 1991. Importaciones de productos agricolas en 1990. Guatemala. 10 p.

10. _____. INSTITUTO DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. Datos climatológicos; Puerto Santo Tomás de Castilla; de 1987. Guatemala. 2 p.

    Sin publicar.

11. HENTZE, F. s.f. Control de calidad de los tratamientos cuarentenarios del servicio internacional de fumigación. San Salvador, El Salvador, OIRSA. 9 p.

12. _____. s.f. Fundamentos técnicos y económicos del servicio internacional de fumigación. San Salvador, El Salvador, OIRSA. 10 p.

13. _____. 1991. Análisis de sistemas cuarentenarios. San Salvador, El Salvador. OIRSA. 18 p.

14. MEYER, P. 1988. Comparación de las diferencias entre el bromido metílico y la fosfina. Guatemala, Bayer. 2 p.

15. MORALES, E.G. s.f. Evaluación de métodos de fumigación con fosfamina para utilizar en silos de almacenamiento de maíz. Costa Rica, Consejo Nacional de Producción, Departamento de Control de Calidad. 19 p.

16. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1991. Manejo y control de plagas de insectos; control de plagas de plantas y animales. México, Limusa. V.3, 522 p.

17. ORGANISMO INTERNACIONAL REGIONAL DE SANIDAD AGROPECUARIA. DIVISION DE SANIDAD VEGETAL. s.f. Riesgo de introducción de plagas exóticas en el puerto Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal. Guatemala. 40 p.

18. REYES CASTAÑEDA, P. 1980. Diseño de experimentos aplicados. 2 ed. México, Trillas. 344 p.

19. SANTIAGO LOPEZ, E.R. 1981. Efectos de la aplicación con bromuro de metilo en la germinación y vigor de la semilla certificada de maíz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 35 p.

Vo. Bo.

10. APENDICES

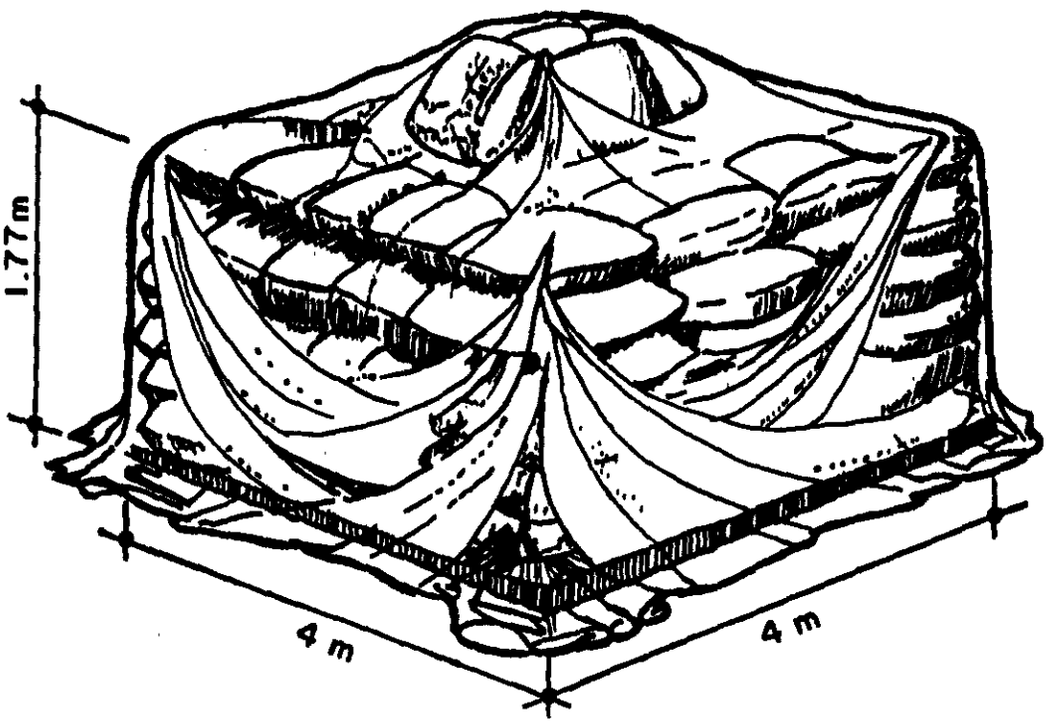

FIGURA 11A. Unidad experimental.

RESUMEN DE CUADROS DE ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ESTUDIADA

1. COMPARACION DEL TESTIGO CON LOS TRATAMIENTOS FUMIGANTES EVALUADOS:

1.1 VARIABLE DEPENDIENTE: insectos vivos después de los tratamientos con bromuro de metilo en la cámara de fumigación.

PARTE ALTA:

F.V.	C.M.	F.C.	F.T. 0.05	F.T. 0.01
Bloques	0.28	1.43	4.41	8.29
Tratamientos	12.22	62.14	2.46	3.60
Error exp.	0.20			

C.V. = 25.41%

PARTE MEDIA:

F.V.	C.M.	F.C.	F.T. 0.05	F.T. 0.01
Bloques	0.07	0.42	4.41	8.29
Tratamientos	12.31	72.44	2.46	3.60
Error exp.	0.17			

C.V. = 23.97%

1.2 VARIABLE DEPENDIENTE: insectos vivos después de los tratamientos con fosfina en la cámara de fumigación.

PARTE ALTA:

F.V.	C.M.	F.C.	F.T. 0.05	F.T. 0.01
Bloques	0.87	1.57	4.41	8.29
Tratamientos	8.69	15.55	2.46	3.60
Error exp.	0.55			

C.V. = 38.08%

PARTE MEDIA:

F.V.	C.M.	F.C.	F.T. 0.05	F.T. 0.01
Bloques	0.67	1.46	4.41	8.29
Tratamientos	8.70	19.04	2.46	3.60
Error exp.	0.46			

C.V. = 34.89%

PARTE BAJA:

F.V.	C.M.	F.C.	F.T. 0.05	F.T. 0.01
Bloques	0.36	0.67	4.41	8.29
Tratamientos	0.50	15.63	2.46	3.60
Error exp.	0.54			

C.V. = 38.30%

2. EVALUACION DE LOS TRATAMIENTOS EXCLUYENDO AL TESTIGO:

2.1 VARIABLE DEPENDIENTE: insectos vivos después de los tratamientos con bromuro de metilo en la cámara de fumigación.

PARTE ALTA:

F.V.	C.M.	F.C.	F.T. 0.05	F.T. 0.01
Bloques	0.25	0.35	3.66	6.23
A	0.42	5.89	3.66	6.23
B	0.13	1.79	3.66	6.23
A*B	0.13	1.79	3.01	4.77
Error exp.	0.07			

C.V. = 23.82%

PARTE MEDIA:

F.V.	C.M.	F.C.	F.T. 0.05	F.T. 0.01
Bloques	0.04	2.19	3.66	6.23
A	0.10	6.00	3.66	6.23
B	0.18	10.91	3.66	6.23
A*B	0.10	6.00	3.01	4.77
Error exp.	0.02			

C.V. = 12%

2.2 VARIABLE DEPENDIENTE: insectos vivos después de los tratamientos con fosfina en la cámara de fumigación.

PARTE ALTA:

F.V.	C.M.	F.C.	F.T. 0.05	F.T. 0.01
Bloques	0.26	1.44	3.66	6.23
A	0.21	1.12	3.66	6.23
B	2.60	14.19	3.66	6.23
A*B	0.19	1.05	3.01	4.77
Error exp.	0.18			

C.V. = 29.65%

PARTE MEDIA:

F.V.	C.M.	F.C.	F.T. 0.05	F.T. 0.01
Bloques	0.21	3.95	3.66	6.23
A	0.33	6.30	3.66	6.23
B	2.58	48.84	3.66	6.23
A*B	0.11	1.06	3.01	4.77
Error exp.	0.05			

C.V. = 16.18%

PARTE BAJA:

F.V.	C.M.	F.C.	F.T. 0.05	F.T. 0.01
Bloques	0.02	0.18	3.66	6.23
A	0.05	0.34	3.66	6.23
B	1.81	13.39	3.66	6.23
A*B	0.11	0.85	3.01	4.77
Error exp.	0.14			

C.V. = 26.15%

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

Ref. Sem.019-93

LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE LA FUMIGACION CON BROMURO DE METILO Y CON FOSFINA EN TRES DOSIFICACIONES A TRES GRANOS ALMACENADOS, COMO TRATAMIENTO CUARENTENARIO EN EL PUERTO SANTO TOMAS DE CASTILLA, IZABAL".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: MIGUEL HUMBERTO SAMAYOA VILLATORO

CARNET No: 83-10041

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno
Ing. Agr. Ernesto González

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. Salvador Sánchez
A S E S O R

Ing. Agr. Mauricio Díaz del Valle
A S E S O R

Dr. Luis Mejía de León
DIRECTOR DEL IIA.

FACULTAD DE AGRONOMIA USAC
D I R E C C I O N
Instituto de Investigaciones Agronómicas

I M P R I M A S E

Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
D E C A N O

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DECANO
FACULTAD DE AGRONOMIA

c.c.Control Académico
Archivo
/prr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01901 GUATEMALA, C. A.
TELEFONO: 769794 • FAX (5022) 769675