

INFORME FINAL DEL PROYECTO USDA/OICD/IICA
MÉTODOS ALTERNATIVOS AL USO DEL DIBROMURO DE ETILENO
EN TRATAMIENTO DE POSTCOSECHA DE PLANTAS TROPICALES:
MANGOS Y PAPAYAS

FINAL REPORT OF THE USDA/OICD/IICA PROJECT
ALTERNATIVES TO THE USE OF ETHYLENE DIBROMIDE IN
POST-HARVEST TREATMENT OF
MANGOS AND PAPAYAS

¿QUE ES EL IICA?

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) es el organismo especializado en agricultura del Sistema Interamericano. Sus orígenes se remontan al 7 de octubre de 1942 cuando el Consejo Directivo de la Unión Panamericana aprobó la creación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

Fundado como una institución de investigación agronómica y de enseñanza de posgrado para los trópicos, el IICA, respondiendo a los cambios y a las nuevas necesidades del Hemisferio, se convirtió progresivamente en un organismo de cooperación técnica y fortalecimiento institucional en el campo agropecuario. Estas transformaciones fueron reconocidas formalmente con la ratificación, el 8 de diciembre de 1980, de una nueva convención, la cual estableció como los fines del IICA los de estimular, promover y apoyar los lazos de cooperación entre sus 31 Estados Miembros para lograr el desarrollo agrícola y el bienestar rural.

Con un mandato amplio y flexible y con una estructura que permite la participación directa de los Estados Miembros en la Junta Interamericana de Agricultura y en su Comité Ejecutivo, el IICA cuenta con una amplia presencia geográfica en todos los países miembros para responder a sus necesidades de cooperación técnica.

Los aportes de los Estados Miembros y las relaciones que el IICA mantiene con 12 Países Observadores Permanentes, y con numerosos organismos internacionales, le permiten canalizar importantes recursos humanos y financieros en favor del desarrollo agrícola del Hemisferio.

El Plan de Mediano Plazo 1987-1991, documento normativo que señala las prioridades del Instituto, enfatiza acciones dirigidas a la reactivación del sector agropecuario como elemento central del crecimiento económico. En función de esto, el Instituto concede especial importancia al apoyo y promoción de acciones tendientes a la modernización tecnológica del agro y al fortalecimiento de los procesos de integración regional y subregional.

Para lograr esos objetivos el IICA concentra sus actividades en cinco áreas fundamentales que son: Análisis y Planificación de la Política Agraria; Generación y Transferencia de Tecnología; Organización y Administración para el Desarrollo Rural; Comercialización y Agroindustria; y Salud Animal y Sanidad Vegetal.

Estas áreas de acción expresan, de manera simultánea, las necesidades y prioridades fijadas por los mismos países miembros y los ámbitos de trabajo en los que el IICA concentra sus esfuerzos y su capacidad técnica, tanto desde el punto de vista de sus recursos humanos y financieros como de su relación con otros organismos internacionales.

Son países miembros del IICA: Antigua y Barbuda, Argentina, Barbados, Bolivia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Dominica, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Grenada, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Suriname, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela.

Países Observadores Permanentes: Austria, Bélgica, España, Francia, Israel, Italia, Japón, Países Bajos, Portugal, República Arabe de Egipto, República de Corea y República Federal de Alemania.

IICA



INFORME FINAL DEL PROYECTO USDA/OICD/IICA
MÉTODOS ALTERNATIVOS AL USO DEL DIBROMURO DE ETILENO
EN TRATAMIENTO DE POSTCOSECHA DE PLANTAS TROPICALES:
MANGOS Y PAPAYAS

FINAL REPORT OF THE USDA/OICD/IICA PROJECT
ALTERNATIVES TO THE USE OF ETHYLENE DIBROMIDE IN
POST-HARVEST TREATMENT OF
MANGOS AND PAPAYAS

Autor: Felipe Martín S.
Editor: Federico Dao

SERIE DE PUBLICACIONES MISCELANEAS
ISSN 0534-5391
A1/OC-88-005

Octubre, 1988
San José, Costa Rica

PROGRAMA V: SALUD ANIMAL Y SANIDAD VEGETAL

11CA
PM-A 1/0C
88-005

BV 0033.2

00000682

INDICE

Agradecimientos	-----	1
-----------------	-------	---

I FASE

- Introducción	-----	5
- Materiales y métodos	-----	6
- Experimentos y ensayos	-----	8
- Resultados	-----	13
- Discusiones y conclusiones	-----	18

II FASE

- Introducción	-----	23
- Materiales y métodos	-----	23
- Resultados y discusión	-----	26

III FASE

- Introducción	-----	31
- Métodos	-----	31
- Resultados y discusión	-----	32

ANEXOS

- Tablas	-----	33
- Figuras	-----	65

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a las siguientes Instituciones y personas:

A OIRSA por las facilidades de planta física, uso de sus instalaciones, y recursos físicos y técnicos para la cría de la Moscamed.

A la Dirección de Sanidad Vegetal del MAG de Costa Rica por poner a nuestra disposición la cámara de fumigación de Puerto Caldera; y por la invaluable colaboración del personal de la Oficina de esa localidad.

A PINDECO por habernos provisto eficiente y puntualmente papayas usadas en este trabajo, por facilitarnos el uso de sus instalaciones y personal en la plantación en Volcán para la realización de los ensayos de campo.

A la Estación experimental Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica por proveernos de mangos Keith.

Al Departamento de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica; en particular al Ing. Luis F. Girón por la identificación de Anastrepha obliqua (Macquart).

Al IICA por el eficiente apoyo administrativo y logístico para la realización de este trabajo; en particular al Dr. Federico Dao, Director del Programa de Sanidad Vegetal, quien fue el impulsor para que se realizara la investigación, por su apoyo entusiasta durante todas las fases del Proyecto.

A la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID) por el financiamiento que hizo posible el llevar a cabo el presente trabajo.

Al Ing. Evaristo Morales, Jefe de OIRSA en Costa Rica, Ing. Juan José May, Director de Sanidad Vegetal del MAG-Costa Rica, Ing. Ramón Luis Hernández de la Estación Experimental Fabio Baudrit, por su colaboración, gestiones y manifestaciones de aliento.

Al Ing. Ovidio Morales, Entomólogo en el Proyecto APHIS/OIRSA, por la identificación de las moscas obtenidas de los mangos.

Al Ing. Julio Valerio, quien nos suministró larvas de Anastrepha froterculus y obliqua para efectuar pruebas de resistencia al calor.

Al Dr. Milton Ouye del ARS/USDA por las oportunas y pertinentes sugerencias que nos dió durante su última visita a Costa Rica.

Al Sr. Pedro Oñoro por los análisis estadísticos; a los Sres. Gónzalo Fonseca y José A. Villalobos Zamora por su eficiente y responsable desempeño como asistentes en la realización del Proyecto.

A los Sres. Efraín Hernández y Carlos Alfaro, quienes se desempeñaron eficientemente como auxiliares.

I F A S E

Abril, 1985 - Enero, 1986



Introducción

En marzo de 1984 el Programa de Sanidad Vegetal del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), convocó a una reunión de Investigadores de países latinoamericanos y de Instituciones Federales de los Estados Unidos, para analizar el impacto sobre los países exportadores de frutas del hemisferio de las recientes restricciones cuarentenarias puestas en ejecución por los Estados Unidos, y de la prohibición del Uso de Plaguicidas de Dibromuro de Etileno (EDB), como fumigante para las frutas tropicales que van a entrar en ese país; y elaborar recomendaciones sobre las acciones a tomar, para desarrollar métodos alternativos al uso del EDB en tratamientos de postcosecha.

El EDB es el agente más idóneo, económico y de sencilla aplicación hasta ahora conocido para dar tratamiento de postcosecha a las frutas tropicales, para controlar las moscas de las frutas, particularmente la Moscamed (Ceratitis capitata (Wiedemann) y algunas especies del género Anastrepha; endémicas del Caribe, Centro y Sur América, éstas últimas y aquellas ya distribuidas muy ampliamente en muchas zonas de esas regiones. Todas estas especies tienen como hospederos habituales u ocasionales frutas tropicales y, en consecuencia es muy alto el riesgo de la introducción de ellas en los Estados Unidos de Norteamérica.

En la citada reunión se recomendó como alternativa a corto plazo, investigar la aplicación de tratamientos con agua caliente o una combinación de ésta con un fumigante a frutas tropicales, principalmente mango y papaya; y que dichas investigaciones para el caso de la Moscamed se realizarán en Costa Rica.

El IICA elaboró una propuesta para realizar en Costa Rica un proyecto de investigación, el cual presentó a la Agencia Interamericana de Desarrollo para su consideración y financiamiento, que fue aceptada y dió origen a un convenio entre el USDA/OICD/AID y el IICA, cuyo objetivo era llevar a cabo un proyecto de investigación para determinar el grado de madurez al cual los mangos y las papayas son infestados por las moscas de la fruta, desarrollar métodos para medir con certeza el grado de madurez y desarrollar tratamientos de postcosecha de esas frutas, que puedan también ser usados para otras frutas tropicales.

El IICA asumió la dirección y ejecución del proyecto, la AID por medio del OICD la financiación y el USDA la asistencia técnica. El Organismo Interamericano Regional de Sanidad Agrícola (OIRSA) facilitó la planta física para establecer la sede del proyecto y el uso de sus recursos físicos y técnicos de cría de Moscamed.

La duración del proyecto fue de 10 meses y se acordó un plan para su ejecución y su respectivo protocolo. La ejecución comenzó en abril de 1985.

El protocolo contempla ensayos con frutas infestadas en el laboratorio con Moscamed y Anastrepha ludens. De la primera especie se mantiene una cría en las instalaciones de OIRSA en San José, Costa Rica; de la segunda se contaba con su envío desde México, pero por problemas de la logística envuelta en el transporte desde Tapachula a la ciudad de México y luego a San José, ello no pudo ser posible. El primer y único envío que se hizo, fue un fracaso total.

El trabajo experimental no pudo comenzarse sino hasta fines de mayo, una vez que se solucionaron algunos problemas administrativos, de acondicionamiento mínimo requerido para el lugar de trabajo y equipamiento parcial del laboratorio. Para ese entonces, además de que la temporada de mangos empezaba a declinar y aún no había comenzado la producción de papaya de la variedad Solo de PINDECO, se decidió concentrar todo el trabajo con los mangos. El abastecimiento, sin embargo, no siempre fue muy fluido, no solamente porque el grueso de la cosecha ya había pasado, sino también por la dificultad de disponer de transporte oportunamente.

El flujo del financiamiento además de inadecuado e inoportuno, fue prácticamente para todos los propósitos previstos incompleto o no llegó a recibirse. Consecuentemente, se careció del equipamiento, instalación e instrumental adecuados, como de la asistencia técnica requerida y prevista. Por ello, y por las precarias condiciones para el aislamiento de asepsia y para evitar la contaminación en el lugar de trabajo, las condiciones ambientales, operativas y de recursos bajos las cuales se desarrolló el proyecto, fueron muy inadecuadas y restrictivas.

Gracias a que el IICA, haciendo honor a sus compromisos, asumió el mantenimiento del pago de los salarios, de los gastos de funcionamiento y provisión del transporte mínimo necesario, el proyecto pudo seguir llevándose a cabo, aunque limitándose a aquellos aspectos contemplados en el protocolo, factibles de hacerse bajo las condiciones anteriormente señaladas. Ellos son: tratamiento con agua caliente y con fosfina de mangos de las variedades Haden y Keith y papayas de la variedad Solo; Cultivares Kapoho y Sunrise infestados en el laboratorio con Moscamed 1/; ensayos de tolerancia de aquellos frutos a los tratamientos con agua caliente, así como a la infestación según el grado de madurez; y para la papaya según las horas de cosechadas. También se realizó un muestreo para evaluar la infestación de papaya en el campo.

Los resultados que se presentan en este informe, se dan como una primera aproximación a la solución de los problemas que se plantearon para ser resueltos por el proyecto.

Materiales y métodos

En los diferentes experimentos y ensayos se utilizaron un total de 807 mangos de la variedad Keith y 926 Haden, con un peso de 397,9 y 400,3 kgrs. respectivamente, provenientes de las siguientes zonas: Orotina (229m. s.n.m., 9°55' N y 84°32' C) en la finca del Sr. Estenislao Fuentes, variedades Keith y Haden; Atenas (758m, s.n.m., 9°57' N y 84°27' C) en la finca del Sr. Pablo Gordienko, variedad Haden; y Alajuela (882m s.n.m., 10°01' N y 84°12' C) en la Estación Experimental Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica, variedad Keith. 2/

1/Excepto en un ensayo con mangos Keith que se señala más adelante.

2/Un lote de estos estaba muy infestado por Anastrepha obliqua (Macquart).

Las papayas todas de la variedad Solo (1.356 del Cultivar Kapoho y 1.398 del Cultivar Sunrise, con un peso de 513,7 y 648,3 kgrs. respectivamente), fueron provistas por PINDECO, procedentes de la plantación que esa empresa tiene en Volcán, Buenos Aires (418m s.n.m., 9°12' N y 83°27' C), provincia de San José.

En todos los ensayos se utilizaron frutos sanos, sin golpes, de un mismo lote, cosechado en estado de madurez verde sazón (grado 5 en los mangos y 0-1 en las papayas) y recibidos en el laboratorio dentro de las 24 horas de cosechados. Se lavaban con agua corriente, se secaban individualmente, se pesaban y se numeraban en una balanza OHAUS con sensibilidad de + 0,5 grs. Luego se almacenaban en bandejas de latón abiertas, en una cámara a 23° (temperatura ambiente), hasta que alcanzaban el grado de madurez adecuado, según lo requiriera el ensayo para el cual iban a ser usados.

Para la infestación, los frutos se exponían (a temperatura ambiente y con iluminación artificial las 24 horas del día) a hembras grávidas de Moscamed, en las jaulas de cría que usan en OIRSA (Fig. 1) y en las cuales se mantiene una población de aproximadamente 50.000 moscas por jaula. Para ello, no más de 50 frutos de la misma variedad, cultivar, tamaño o grado de madurez según fuera el caso, se colocaban al azar en una bandeja de madera con fondo de cedazo de 6,35 mm. diseñada para ser introducida en, y retirada de la jaula con las moscas. La exposición fue de 48 ó 72 horas para los mangos y de 24 ó menos para las papayas.

No se infestaban las frutas con las que se iba a realizar los ensayos para la evaluación de la tolerancia al agua caliente.

Al término de la infestación las frutas se separaron al azar, en tantos grupos como lo requiriera el ensayo a realizar. Cada grupo se colocaba en una caja para la captación de pupas ^{3/} (Fig. 1) y se almacenaban a 23°C durante 24 ó 72 horas los mangos, y durante 24 ó 48 horas las papayas; luego se les sometía al tratamiento correspondiente.

Para los tratamientos con agua caliente, los frutos se sumergían en tanques con agua a la temperatura y durante el tiempo programado en cada ensayo en sacos de red de malla ancha (diving bags), con agarraderas de metal, a los cuales se les ataba una piedra al fondo para que se mantuvieran sumergidos (no

^{3/}Para el almacenamiento se diseñaron y fabricaron cajas para la captación de pupas, para grupos de frutas o para una fruta. Las primeras con cajas dobles de madera, superpuestas; la superior de 43 x 53 x 12 cm. de alto con fondo de cedazo de 6,35 mm. donde se colocan las frutas que penetra en la inferior de 45 x 48 x 9 cm. de alto hasta unos 2 cm. En esta última se coloca aserrín fino, seco. La caja superior se tapa con tela de malla fina, que cubre los bordes hasta aproximadamente unos 5 cm. y que se asegura con una banda de goma. Las individuales consisten de un recipiente superior, cónico-truncado, plástico de 11,5 cm. de altura y de un galón de capacidad, con un orificio en el fondo de 13,5 cm. de diámetro con cedazo de 6,35 mm. sobre el cual se coloca la fruta, y el inferior en el cual se coloca el aserrín, igualmente cónico-truncado, plástico de 11,0 cm. de alto y de 1/2 galón de capacidad con el borde con goma espuma, donde descansa el recipiente superior.

menos de 10 cms. por debajo de la superficie del agua). Los tres tanques utilizados son barriles de petróleo de 55 galones (Fig. 1), cubiertos exteriormente con una capa de fibra de vidrio (aislante) y sobre ésta un forro de hierro galvanizado. A cada tanque interiormente (Fig. 2) aproximadamente 10 cms. del fondo, se le acopló dos resistencias selladas de 1000 watts cada una y una bomba sumergible (Seneca, MD. A-121 de 0,7 amp.), con capacidad para recircular 50 galones de agua por hora, conectada a un sistema interior de tubería de plástico por el cual recircula el agua. Para proteger las resistencias y la bomba, se colocó una parrilla de metal a aproximadamente unos 30 cms. del fondo. Para el control de la temperatura se les equipó con un termostato electrónico con una sonda "termocupla" sensible a más o menos 0,5 °C. Para comprobar la temperatura del agua se utilizaron termómetros sumergibles. Para drenar los tanques se les incorporó un grifo en su nivel inferior y se les llenaba con agua corriente, con una manguera por su parte superior. Durante el tratamiento se les mantuvo tapados. Los tanques se pintaron interiormente con una pintura plástica (epóxica) blanca impermeable, anticorrosiva y resistente a altas temperaturas.

Las fumigaciones con fosfina se realizaron a temperatura y humedad ambientales; se utilizó como generador del PH3 el fosfuro de Magnesio en su formulación de FUMI-CELL3. Se usó una cámara de fumigación de la Dirección de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura y Ganadería en puerto Caldera (aprox. a 120 kms. de San José). Dicha cámara es un "contenedor" de 31,8 m³.

Se hizo un ensayo preliminar para ver su comportamiento y durante el cual hubo fuga considerable del gas (Fig. 3). Para las pruebas subsiguientes se acondicionó y se pintó internamente con pintura plástica (epóxica). Se usaron tres líneas de tubo plástico para medir la concentración del gas con tubos DRAGER (Phosphamina 50/a). Para cuando se llevó a cabo el último de los ensayos se le había dotado de un ventilador.

Después de cada tratamiento los frutos tratados o no, se almacenaban a 23° C (Fig. 2) en cajas para la captación de pupas. Cada 3 días se examinaban y se separaban de los controles, las frutas no infestadas, las cuales se colocaban en cajas individuales para la captación de pupas y se cambiaba el aserrín si era necesario. A partir del 10 u 11 día y cada 3 ó 4 días, se cernía el aserrín, se coleccionaban y registraba el número de pupas. La operación se repetía hasta que no aparecieran más pupas, entonces se disectaron las frutas para buscar pupas o larvas.

Experimentos y ensayos

Con base en experimentos y recomendaciones no publicadas (J.L. Sharp y D.H. Spaldin, 1984) se programaron y realizaron los siguientes experimentos y ensayos en mangos Haden y Keith.

1. Infestación según el grado de madurez

Los grados de madurez, determinados con base en el "USDA inspectors instructions for limes and avocados" y que es frecuentemente aplicado a los mangos son los siguientes:

Firmeza 1, pasado de maduro (cede mucho ante una presión moderada); Firmeza 2, maduro (óptimo para el consumo); Firmeza 3, maduro (cede poco ante una presión moderada); Firmeza 4, pintón (cede muy poco ante una presión moderada) Firmeza 5, verde sazón, duro (no cede ante una presión moderada).

De un lote de mangos Keith cosechados el mismo día y recibidos en el laboratorio dentro de las 24 horas de cosechados, se separó un grupo de 12 frutos de Firmeza 5 y se expusieron a infestación durante 72 horas; el resto se almacenó a 23°C y se fueron separando grupos de 12 para la infestación a medida que alcanzaban el grado de madurez requerido.

Cuando se separó más de un grupo simultáneamente, cada uno fue expuesto a la infestación en jaulas separadas para evitar la posible preferencia a la oviposición en frutas de un grado de madurez dado. Luego cada fruta se colocó en una caja individual para la captación de pupas (Fig. 2) y se almacenaron a 23°C, posteriormente se procedió periódicamente a la revisión según el procedimiento descrito anteriormente. En igual forma se procedió en mangos Haden.

2. Tratamiento con agua caliente: efecto de la temperatura, tiempo de inmersión y tamaño del fruto

- a. Tratamiento con agua caliente a 43, 46 ó 49°C durante 45, 55 ó 65 minutos para cada temperatura.
- b. Tratamiento con agua caliente a 46°C durante 45, 55 ó 65 minutos y a 49°C por 55 minutos.
- c. Inmersión durante 45, 55 ó 65 minutos en agua a 52°C.
- d. Tratamiento con agua a 46°C durante 65 minutos y a 49°C por 35 ó 45 minutos.
- e. Tratamiento con agua caliente a 49°C por 45, 55 ó 65 minutos.

Con Haden los ensayos fueron:

- a. Tratamiento con agua a 43, 46 ó 49°C por 45, 55 ó 65 minutos para cada temperatura.
- b. Tratamiento con agua a 46, 49 ó 52°C por 45, 55 ó 65 minutos para cada temperatura.
- c. Inmersiones en agua a 52°C por 45, 55 ó 65 minutos.
- d. Inmersión durante 35 minutos en agua a 49 ó 52.

En las Tablas 3 y 4 se registra para cada ensayo, para Keith y Haden respectivamente el número de frutas, tamaño y horas de postinfestación de cada grupo tratado con cada combinación de tiempo y temperatura.

En cada ensayo, para cada combinación de tiempo y temperatura, 2 grupos de diferente tamaño (se trató que la diferencia en tamaño fuera de por lo menos 150 grs.), provenientes del mismo lote, cada uno en su saco de inmersión se sumergieron simultáneamente.

Para cada ensayo, un grupo de frutas de cada tamaño del mismo lote, del mismo tamaño (o casi) que las tratadas, se dejaron como testigo.

3. Fumigación con Fosfina

De sendos lotes de Keith y Haden infestados durante 48 horas y luego almacenados por 16 horas, se separaron 20 frutos; 10 de cada variedad en caja de madera con fondo de cedazo de 6,35 mm., se introdujeron en la cámara de fumigación a unos 30 cms. del suelo y se expusieron a la Fosfina durante 48 horas. Los 10 restantes de cada variedad se dejaron de control.

En un segundo ensayo, 24 Haden infestados durante 72 horas y con igual período de postinfestación se fumigaron durante 48 horas. Igual número de frutas del mismo lote no se fumigó y se uso como control.

En un tercer ensayo de un lote de Keith (que estaban infestados por Anastrepha obliqua (Macquart) infestados durante 72 horas y con igual período de postinfestación, se separaron 14 frutas, las cuales se fumigaron durante 36 horas; un número igual del mismo lote sirvió de control.

4. Tolerancia al agua caliente

Un lote de Keith sin infestar se dejó madurar a 23° C hasta alcanzar Firmeza 4. Un grupo de 64 se sumergió en agua a 27° C durante 65 minutos y de los restantes, cada tercio se sumergió durante 45, 55 y 65 respectivamente.

Después del tratamiento, las tratadas y no tratadas se almacenaron en cámara de refrigeración a 13° C. La mitad de cada tratamiento durante 3 días y el resto durante 16 días. Al término de cada período se registraron observaciones respecto a la firmeza, daño por escaldamiento y porcentaje de color de maduración. Luego se almacenaron a 23° C y se registraron observaciones respecto a tiempo de maduración, pudrición (antracnosis y pudrición de la base del pedúnculo), daño en la cáscara y porcentaje de color de maduración y de frutos aceptables.

En otro ensayo 156 Keith (de un lote que estaba infestado con Anastrepha obliqua (Macquart), 60 frutas se sumergieron durante 65 minutos en agua a 27° C y los 96 restantes en 4 grupos de 24 se trataron con agua a 49 y 52° C durante 45 y 55 minutos para cada temperatura respectivamente, luego se procedió como en el caso anterior.

Con los Haden se realizaron también dos ensayos similares, pero además se hicieron inmersiones por 65 minutos a 49 y 52° C.

Con papayas los experimentos y ensayos fueron los siguientes:

1. Infestación según el grado de madurez

Para los grados de madurez se adoptó la gradación que usa la empresa PINDECO, a saber 0-1, verde sazón (grado de madurez de cosecha); 2, 1/4 maduro; 3, 1/2 maduro; 4, 3/4 maduro; 5, 7/8 maduro; y 6, maduro (óptimo para el consumo).

Se realizó un experimento con cada cultivar siguiendo el mismo procedimiento que se describió para los mangos, se usaron 10 réplicas para cada uno de los primeros cuatro grados de madurez, 8 para cada uno de los restantes de las Kapoho y 9 para los de las Sunrise.

2. Tratamiento con agua caliente a doble inmersión

Con papayas de ambos cultivares con 24 y 48 de postinfestación se ensayaron las siguientes combinaciones:

- a. Primera inmersión durante 40 minutos en agua a 42°C y la segunda, durante 20 minutos en agua a 49°C. El ensayo se repitió para las Sunrise con 24 horas de postinfestación.
- b. Primera inmersión durante 30 minutos a 42°C y la segunda durante 30 minutos a 49°C.
- c. Primera inmersión durante 30 minutos en agua a 42°C y la segunda durante 20 minutos a 40°C. Este ensayo se repitió para las Kapoho con 48 horas de postinfestación.

En todos los casos el tiempo entre inmersiones fue de menos de un minuto.

Inmersión simple

- a. Papayas de ambos cultivares con 24 horas de postinfestación se sumergieron durante 20 minutos en agua a 49°C.
- b. Papayas de ambos cultivares con 24 ó 48 horas de postinfestación, se sumergieron durante 30 minutos en agua a 49°C.

En las Tablas 5 y 6 se registra el número de frutas, réplicas, peso y horas de postinfestación para cada ensayo.

3. Fumigación con Fosfina

En un primer ensayo 40 Kapoho (4 réplicas de 10 frutas cada una) y 36 Sunrise (3 réplicas de 12 frutos cada una), con 24 horas de postinfestación se fumigaron con Fosfina durante 24 horas. Once frutas de cada variedad, infestadas pero no tratadas, se usaron como control.

En un segundo ensayo 48 papayas de cada cultivar (6 réplicas de 8 frutos cada una) con 48 horas de postinfestación, se fumigaron durante el mismo tiempo que en el ensayo anterior. Como control se usaron 17 frutas de cada variedad infestadas pero no tratadas.

En todos los casos, cada réplica se colocó en una caja de cartón (de las que usa PINDECO para empaque de exportación) sin la tapa y se colocaron dentro de la cámara de fumigación a unos 30 cms. del suelo.

4. Horas de cosechadas

Cinco grupos de cada cultivar, de 7 frutas cada uno, con menos de 1, con 6, 12, 18 y 24 horas de cosechadas respectivamente (todas con grado de madurez 0-1), fueron infestados en las instalaciones de PINDECO en Volcán, adyacente a la plantación de papayas, a temperatura ambiente y con iluminación natural. Para ello, simultáneamente cada grupo se expuso a 250 hembras grávidas de Mosamed durante 6 horas en una jaula de un pie cúbico.

Las moscas emergieron en su respectiva jaula de pupas que se llevaron desde el laboratorio de OIRSA; a los 7 días después de la emergencia se introdujeron las papayas. Al término de la infestación cada grupo se guardó en una caja de empaque y se trasladaron al laboratorio en San José en donde cada fruto se colocó en una caja para captación de pupas y se almacenaron a 23°C. Posteriormente se procedió a su revisión periódica según se ha descrito en otro lugar.

5. Infestación natural de papayas Kapoho

En la plantación de PINDECO se separaron 4 hileras de plantas de papaya del margen desde donde sopla el viento, a las cuales no se les dió tratamiento con ningún insecticida desde una semana antes y durante el tiempo que duró el muestreo. De las mismas matas previamente seleccionadas, se cosecharon semanalmente el mismo día y hora una muestra de frutos en distintos grados de madurez. Todos los frutos de las distintas plantas cosechadas el mismo día, se separaron por grado de madurez y cada grupo se colocó en una caja para la captación de pupas. Luego se trasladaron al laboratorio en San José, se pesaron y se almacenaron a 23°C y, periódicamente se les examinó según el procedimiento que se ha descrito anteriormente.

El muestreo se hizo durante 7 semanas continuas a partir del 5 de noviembre de 1985.

6. Tolerancia al agua caliente

Se realizaron tres ensayos para cada Cultivar:

- a. Doble inmersión, la primera por 30 minutos a 42°C y la segunda por 30 minutos a 40°C.

- b. Doble inmersión con la misma temperatura y tiempo para la primera inmersión y con 20 minutos a 40°C en la segunda.
- c. Inmersión simple durante 30 minutos con agua a 49°C.

En cada uno de los 6 ensayos, un grupo de frutos del mismo lote que los tratados, se usó como control.

Las papayas tratadas se separaron en 3 grupos e igualmente las no tratadas; un grupo de cada uno se dejó madurar al ambiente (23°C), otro se refrigeró a 10° C durante 3 días y el restante a la misma temperatura durante 16 días. 4/

Al término de cada período se registraron y se sacaron de la cámara de refrigeración y se hicieron observaciones respecto a la firmeza del fruto, daño por escaldamiento y porcentaje de color de maduración y luego se almacenaron a 23°C para observar tiempo de maduración, pudrición (antracnosis, fungosis, pudrición de la base del pedúnculo), consistencia de la pulpa y porcentaje de color de maduración y de frutos aceptables.

Resultados

1. Susceptibilidad a la infestación por Moscardes de mangos y papayas según el grado de madurez

Los resultados de la evaluación de la susceptibilidad a la infestación, según el grado de madurez de mangos de la variedad Haden y Keith se registran en la Tabla 1. El número de pupas obtenidas por fruta varía independientemente del grado de madurez, variación que es más notable en los Haden. En los Keitt en todos los grados de madurez siempre hubo frutas que no fueron infestadas. El porcentaje de Haden y Keith de grado de madurez 5 infestados fue de 83 y 75% respectivamente y para los pasados de maduro (grado 1) de 100 y 67% respectivamente.

La menos tolerancia es para los verdes sazón en ambas variedades; y los Keith grados 4 y 2 y los Haden 2, 3 y 4 registraron la mayor tolerancia; para los grados restantes fue intermedia. Los Haden fueron significativamente más susceptibles a la infestación. En la Figura 1 puede apreciarse tal patrón en el índice de infestación.

En el caso de las papayas Kapoho (Tabla 2), también hay variación en el número de pupas por frutas independientemente del grado de madurez. En las Sunrise tal variación no es tan aparente y más bien parece haber una tendencia al aumento de la infestación con el grado de madurez. En efecto la tolerancia menor ocurrió en las de grado 0-1, las de grado 2

4/Dado que existía una alta contaminación por hongos en la cámara de almacenamiento y en general en todo el laboratorio, se decidió que las papayas para estos ensayos, tratados o no, se sumergieran en una solución fungicida a base de TIABENDAZOL preparada con: 186 cc del producto comercial (TECTO LIQUIDO), 80 cc de HCL en 40 litros de agua.

presentaron una tolerancia intermedia y los restantes, la mayor, sin diferencia significativas entre ellas. Los grados de madurez 0-1 al 3 de las Kapoho fueron las menos susceptibles, las de grado 5 y 6 lo fueron más (sin diferencias significativas entre ellas) y el 4 fue el más tolerante. El 80% en las Kapoho grado 0-1 resultaron infestadas y de las Sunrise el 20%.

La Figura 2 muestra la infestación expresada en términos del número de pupas por peso de papaya; y puede apreciarse que el patrón de infestación es diferente en los dos cultivares.

2. Efectos del agua caliente sobre la Moscamed en mangos y papayas

En la Tabla 3 se registra la información y resultados de los varios tratamientos con agua caliente a mangos Keith infestados en el laboratorio por Moscamed. A 43°C para los tres tiempos de inmersión la mortalidad varió independientemente del tamaño de los frutos entre 26,818 y 99,972%. A 46°C la mortalidad fue total en los sumergidos por 55 y 65 minutos, pero no así para los de 45 minutos, en los cuales la mortalidad varió de un ensayo a otro entre 0 y 54,20%, siendo menor en los de menor tamaño y mayor período de postinfestación. La inmersión durante 35 minutos a 49°C no fue efectiva para la eliminación total de las larvas, pero en los sumergidos por períodos mayores solamente en una de las tres repeticiones sobrevivieron 9 pupas de los mangos de menor tamaño con 24 horas de postinfestación. A 52°C no hubo sobrevivencia en ninguno de los casos.

De los Keith que estaban naturalmente infestados por Anastrepha obliqua (Macquart), solamente se obtuvo una pupa de los sumergidos por 35 minutos a 49°C.

Los resultados en los Haden (Tabla 4) fueron similares, con las excepciones siguientes: de los mangos de menor talla tratados a 46°C por 65 minutos, se obtuvo una pupa de una de las pruebas; el número de pupas de los sumergidos por 55 minutos fue mayor que las provenientes de los controles (se tienen indicios, aunque no concluyentes que estos mangos y los correspondientes de menor talla no se sumergieron durante el tiempo previsto) y a los 49°C por 45 minutos la mortalidad fue total en todos los casos.

Los resultados para papayas Kapoho y Sunrise aparecen en las Tablas 5 y 6 respectivamente. En el primer ensayo de doble inmersión (42°C por 40 minutos y 49°C por 20 minutos) de papaya Sunrise, almacenadas por 24 horas se obtuvieron 245 pupas provenientes de dos de las ocho réplicas.

En la repetición de esta prueba no hubo sobrevivencia, tampoco la hubo en las Kapoho. En las que se mantuvieron por 48 horas en postinfestación se recuperaron 3 pupas de las Kapoho y 4 de las Sunrise.

En los demás ensayos de doble inmersión no se registró sobrevivencia, excepto una pupa de las Sunrise de una de las repeticiones tratadas con doble inversión (30 minutos a 42°C y 20 minutos a 49°C) y con 48 horas de postinfestación.

Hubo sobrevivencia de larvas en todas las papayas de ambos cultivares, sumergidos durante 20 minutos en agua a 49°C. A la misma temperatura durante 30 minutos la mortalidad fue total en las Kapoho en ambas pruebas, igualmente en las Sunrise con un período de 24 horas de postinfestación, pero no así en dos de las 6 réplicas de este último cultivar con 48 horas de postinfestación.

Como puede apreciarse en los controles, la infestación en todos estos ensayos fue considerable. La mínima de 823 y la máxima 1,780 pupas/kgs. para las Kapoho y 887 y 2,170 para las Sunrise.

3. Efectos de la fumigación con Fosfina sobre Moscamed en mangos y papayas

La Tabla 6 registra los resultados de las fumigaciones con Fosfina. (En el primer ensayo preliminar como se apuntó anteriormente la concentración de PH₃ declinó ostensiblemente (Fig. 3) durante el tiempo probado), no obstante la mortalidad de Moscamed fue total en las frutas fumigadas. Es interesante señalar que en esta prueba los frutos tratados sufrieron cambios drásticos en la coloración, adquirieron una coloración parduzca de intensidad irregular que no se hizo presente en los controles, como tampoco en los frutos tratados subsecuentemente.^{5/}

Para los ensayos siguientes la cámara se reparó sellándose las fugas con macilla plástica, las hendiduras con fibra de vidrio, etc. y su interior se pintó con pintura plástica blanca. Las lecturas de la concentración en las pruebas posteriores (Fig. 4, 5, 6 y 7) muestran que las fugas fueron controladas casi por completo.

La mortalidad fue total en las Haden expuestos x 48 horas a la concentración registrada en la Figura 4; y en los Keith expuestos durante 36 horas (Fig. 5), se obtuvo una pupa contra 1858 en los controles. Estos Keith se tomaron del lote naturalmente infestados por Anastrepha obliqua; de esta especie se obtuvo también 1 pupa contra 79 de los controles. Es interesante añadir que estos mangos que se recibieron en el laboratorio aún verdes (no habían alcanzado el grado de madurez 5), contenían larvas en estados avanzados (durante el almacenamiento previo a la infestación por Moscamed, se encontraron larvas adultas en las bandejas) y transcurrieron 12 días antes de fumigarlos, en consecuencia se trataba de larvas en los últimos instars. En el fondo de las cajas donde se fumigaron los mangos se encontraron 64 larvas muertas.

En papayas (Tabla 8) (Fig. 6) con 24 horas de postinfestación la mortalidad de la Moscamed fue total en ambos cultivares; en cambio con frutas con 48 horas de postinfestación, hubo sobrevivencia en todas las réplicas de ambos cultivares (Fig. 7).

^{5/}Antes de poner en uso la cámara, en ella se encontraron almacenadas cajas con potes de Bromuro de Etileno-Cloropirina y varios de los recipientes tenían fugas considerables de gas. Aún cuando se le aireó por 2 horas, ese tiempo no parece haber sido suficiente, por lo que creemos que el efecto anotado se debió a ese gas, restos del cual pudieron quedar atrapados en la cámara o impregnando ciertas estructuras internas.

4. Tolerancia de papayas a la infestación por Moscamed según las horas de cosechadas

Los resultados (Tabla 9) indican que no hubo infestación de los frutos con menos de una y con seis horas de cosechadas. De las Sunrise con 12 horas de cosechadas y 12 horas de infestación no se obtuvieron pupas, como tampoco de las Kapoho; en cambio de estas últimas con 12 horas de cosechadas y expuestas a las moscas por 6 horas se obtuvieron 57 pupas. Ambos cultivares con 18 y 24 horas de cosechadas resultaron infestados independiente del número de horas expuestas a Moscamed.

5. Infestación natural de papayas Kapoho Solo por Moscamed, Anastrepha ssp. y otras

Como se consigna en la Tabla 10 de las muestras de Kapoho Solo no se obtuvo pupas de Moscamed ni de Anastrepha ssp., hubo 25 de Toxotrypana curvicauda, 2 del género Euxesta y 21 del género Richardia.

6. Tolerancia al tratamiento con agua caliente de mangos y papayas

La tolerancia al agua caliente de mangos Haden y Keith, disminuye apreciablemente con el aumento de la temperatura del tiempo de inmersión y del período de almacenamiento a 13° (Tabla 11 y 12).

En los Keith tratados con agua a 49 y 52°C durante todos los períodos de inmersión y de almacenamiento a 13°C probados, el tiempo de maduración a 23°C fue más corto que en los controles correspondientes, pero además hubo detención de la maduración en algunos de los frutos sumergidos durante 45 ó 55 minutos a ambas temperaturas y refrigerados por 3 días; y fue total en los refrigerados durante 16 días, excepto a 40° C por 45 minutos. Por otra parte el daño por escaldamiento se incrementó con la temperatura, con el tiempo de inmersión y de refrigeración haciéndose total en los de 52°C y en los de 49°C por 55 minutos, refrigerados durante 16 días. Efectos indeseables en la coloración de la cáscara, también se presentaron y su severidad aumentó con la temperatura, tiempo de inmersión y de refrigeración. El comportamiento de los Haden fue similar, aunque con algunas variaciones cuantitativas. El tiempo de maduración de mangos de ambas variedades sumergidos en agua a 46°C durante los períodos de inmersión y de refrigeración ensayados, no fue diferente al de los controles correspondientes. Se registró una disminución de la incidencia de antragnosis y pudrición de la terminación del pedúnculo con el aumento del período de inmersión, respecto a los controles e independientemente del período de refrigeración. No se registró daño severo o moderado debido al calor, aunque se presentaron algunos cambios leves en la coloración y en la textura de la cáscara en ambas variedades, pero más aparentes en los Keith. El color de maduración se desarrolló igual en las Haden de cualquiera de los tratamientos a 46°C, pero no así en los Keith, los cuales tratados o no, no llegarían a tomar el color de maduración completamente, excepto en un caso, aún cuando por todas las demás características (firmeza, sabor, color de la pulpa, etc.) estaban maduros.

En las frutas tratadas a 46°C de ambas variedades, el porcentaje de las aceptables fue siempre mayor que en las no tratadas y se incrementó con el tiempo de inmersión, pero fue menor en las refrigeradas por 16 días y sumergidas por 55 o más minutos que en las correspondientes refrigeradas por 3 días.

La aceptabilidad de los tratados a temperatura de 49°C ó 52°C, por el contrario fue siempre menor que en los no tratados y disminuyó con el período de inmersión y de refrigeración. Solamente en los ensayos de los Haden sumergidos por 45 minutos en agua a 49°C y refrigerados por 3 ó 16 días, aquel porcentaje fue mayor que para los sumergidos durante el mismo tiempo a 46°C y almacenados por 3 días, e igual al de los almacenados por 16 días.

Cabe destacar que los Keith usados en los ensayos con agua a 49 y 52° C, estaban muy infestados por Anastrepha obliqua y contenían larvas de instares avanzados, lo cual influyó en los resultados al favorecer o hacer más propicio el daño por escaldamiento de las partes del mango ya dañadas por las larvas.

Para evaluar la tolerancia de las papayas al agua caliente, se realizó un primer grupo de tratamientos (no registrados en las Tablas 13 y 14) a saber: inmersión simple en agua caliente a 47°C durante 40 minutos y por el mismo período a 49°C, seguido por un período de almacenamiento de 3 ó 16 días a 7°C; doble inmersión: la primera por 30 minutos a 42°C y la segunda por 20 minutos a 39°C, luego un período de almacenamiento a temperatura ambiente (23°C) ó 10°C por 3 ó 16 días. Ninguna de estas pruebas se llevaron a término en parte porque hubo una fuerte infestación por hongos y ataque de Drosophila spp. que aceleró la pudrición de las frutas; y en parte porque hubo una detención de la maduración, muy probablemente porque la temperatura de refrigeración fue muy baja.

Para los tres ensayos subsiguientes luego del tratamiento, las frutas tratadas o no se sumergieron en un fungicida durante 1 minuto, la cámara de almacenamiento se trató para controlar las Drosophilas y hongos y se utilizaron cajas de cartón de las que se usan para empacarlas en PINDECO en lugar de las de captación de pupas. Los resultados de estas pruebas se registran en las Tablas 13 y 14.

Puede apreciarse en la Tabla 15 que en los tres ensayos el período de maduración de las Sunrise, tratadas o no fue mayor (de 1 a 4, 5 días en las tratadas y de 0,5 a 3 en las no tratadas), en las refrigeradas durante 3 días que en las no refrigeradas; como también lo fue en las tratadas con respecto a las no tratadas de 1,5 a 4 días. Sin embargo, en las tratadas hubo una detención de la maduración, efecto que fue más pronunciado o total en las almacenadas durante 16 días.

El comportamiento de las Kapoho fue diferente. El tiempo de maduración de las no tratadas, ni refrigeradas fue mayor (de 1,5 a 2 días) que en las refrigeradas por 3 días; pero menor (de 0,5 a 2 días) que en las de 16 días. En las tratadas, en el ensayo 1 y 3, la tendencia fue la misma que en las Sunrise (mayor tiempo de maduración a mayor tiempo de almacenamiento en frío) pero con detención parcial de la maduración en las de 3 días y más pronunciada, o total en las de 16 días. En el 2

ensayo, por el contrario el tiempo de maduración fue menor en un día, en las refrigeradas por tres días, que en las que no lo fueron y la maduración se detuvo totalmente para las almacenadas en frío durante 16 días.

No se registró pudrición severa o moderada en las Sunrise no tratadas y almacenadas al ambiente o refrigeradas durante 3 días, de los ensayos 1 y 3° ni en las refrigeradas por 16 días del ensayo 3°. En las tratadas del ensayo 1 hubo pudrición y daño en todos los casos; en las del ensayo 3°, solamente en las refrigeradas; y en las del 2°, únicamente en las refrigeradas durante 16 días. La pudrición apareció más temprano en las refrigeradas por más tiempo.

En las Kapoho no tratadas hubo siempre pudrición (excepto al ambiente en el ensayo 1°) y en las tratadas en todos los casos, hubo pudrición y daño, excepto para las almacenadas al ambiente en el ensayo 3°. La pudrición comienza a aparecer más temprana en las refrigeradas por más tiempo y en las tratadas que en las no tratadas.

La refrigeración en todas las pruebas, afectó la coloración de maduración en las tratadas de ambos cultivares y en las no tratadas refrigeradas por 16 días.

El número de papayas aceptables, tratadas o no muestra tendencia a disminuir con el tiempo de refrigeración (excepto en las Kapoho no tratadas del ensayo 2°) y fue siempre menor en las tratadas que en las no tratadas con igual tiempo de refrigeración (excepto en el caso de las Sunrise almacenadas al ambiente de los ensayos 2 y 3 y en las Kapoho del 2°).

Discusiones y conclusiones

De ninguno de los lotes de mangos Haden y Keith recibidos en el laboratorio entre mayo y agosto de 1985 se obtuvo evidencia de infestación natural por *Moscamed*; y los testimonios de los productores de las zonas desde donde se recibieron fue invariablemente que en sus plantaciones, esa especie no atacaba a los mangos. En cambio *Anastrepha obliqua* (Macquart) estuvo presente en algunos. Tampoco de las papayas que se recibieron en el laboratorio durante los meses setiembre a diciembre, ni de las muestras que se tomaron a tal efecto se registro infestación natural por *Moscamed*, como tampoco por *Anastrepha spp.* Si bien estos resultados son indicativos, no son concluyentes, pues faltaría por despejar dudas con respecto a estacionalidad y/o ausencia de hospederos preferidos u obligados.

Aún cuando los mangos y papayas no parecen ser en Costa Rica, sino muy raramente hospederos de *Moscamed*, variedades Haden y Keith de los primeros y cultivares Kapoho Solo y Sunrise Solo de las segundas se infestaron en el laboratorio. Sin embargo, cuantitativamente hay diferencias en la magnitud de la infestación según el grado de madurez y la variedad o cultivar; pero en el caso de las papayas como era de esperarse, dentro de las 12 horas de cosechadas es poco probable que haya infestación, debido al efecto del Isotiocianato de Bencilo (Seo y Tang 1983) cuya concentración de la fruta tiende a disminuir con las horas de cosechadas y la maduración.

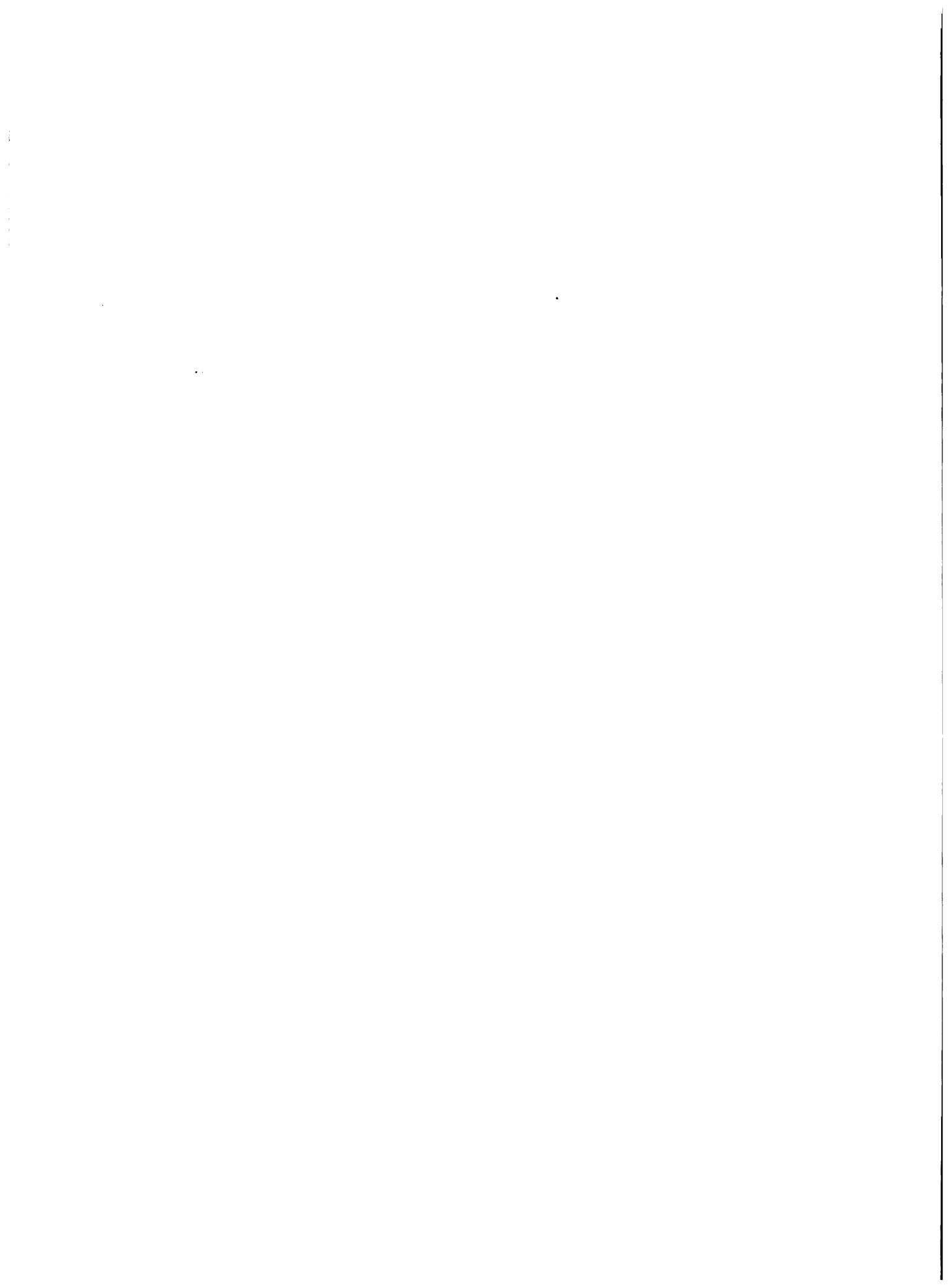
Los resultados que como se señalo antes, deben interpretarse como una aproximación, indican que en el gradiente de temperatura y tiempo ensayados hay una combinación de tiempo y temperatura a la cual se debe alcanzar una mortalidad máxima y un mínimo efecto fitotóxico, con una optimización de la calidad de los frutos. Bajo tales condiciones se obtendría un tratamiento práctico de postcosecha, como alternativa al uso del EDB para mangos.

La mortalidad de huevos y larvas de 1 a 3 días de edad de Moscamed en papayas Kapoho Solo y Sunrise Solo fue total o casi total cuando fueron precondicionados, sumergiéndolos en agua a 42°C por 30 minutos y luego en agua caliente a 49°C por 30 ó 20 minutos. El mismo resultado se obtuvo para las Kapoho Solo sumergidas por 30 minutos en agua a 49°C, pero no así en las Sunrise Solo, en las cuales en dos de las seis réplicas tratadas en una de las repeticiones la sobrevivencia fue de 207,15 por 100.000. La tolerancia de la papaya a estos tratamientos, los hace potencialmente aceptables como una alternativa práctica de tratamiento cuarentenario; pero habría aún que determinar cuáles son las condiciones de almacenamiento postratamiento. En efecto, en términos generales los frutos no tratados se comportaron mejor que los tratados, pero es aparentar que la refrigeración a 10°C tiene un efecto indeseable sobre la calidad. Parece razonable esperar que a una temperatura de refrigeración mayor, se optimice el efecto sobre la calidad de las frutas de aquellos tratamientos.

Larvas de Moscamed de 2 (o menor) instar fueron eliminadas de mangos Haden y Keith expuestos por 48 ó 36 horas a temperatura y humedad ambiente a la Fosfina, usando como generador del PH3, una FUMI-CELL3. Igualmente lo fueron larvas de Anastrepha obliqua en mangos Keith expuestos por 36 horas. Estos hallazgos son muy preliminares como para permitir alguna conclusión y solo sirven para indicar los rangos de tiempo y concentración y condiciones para futuros ensayos.

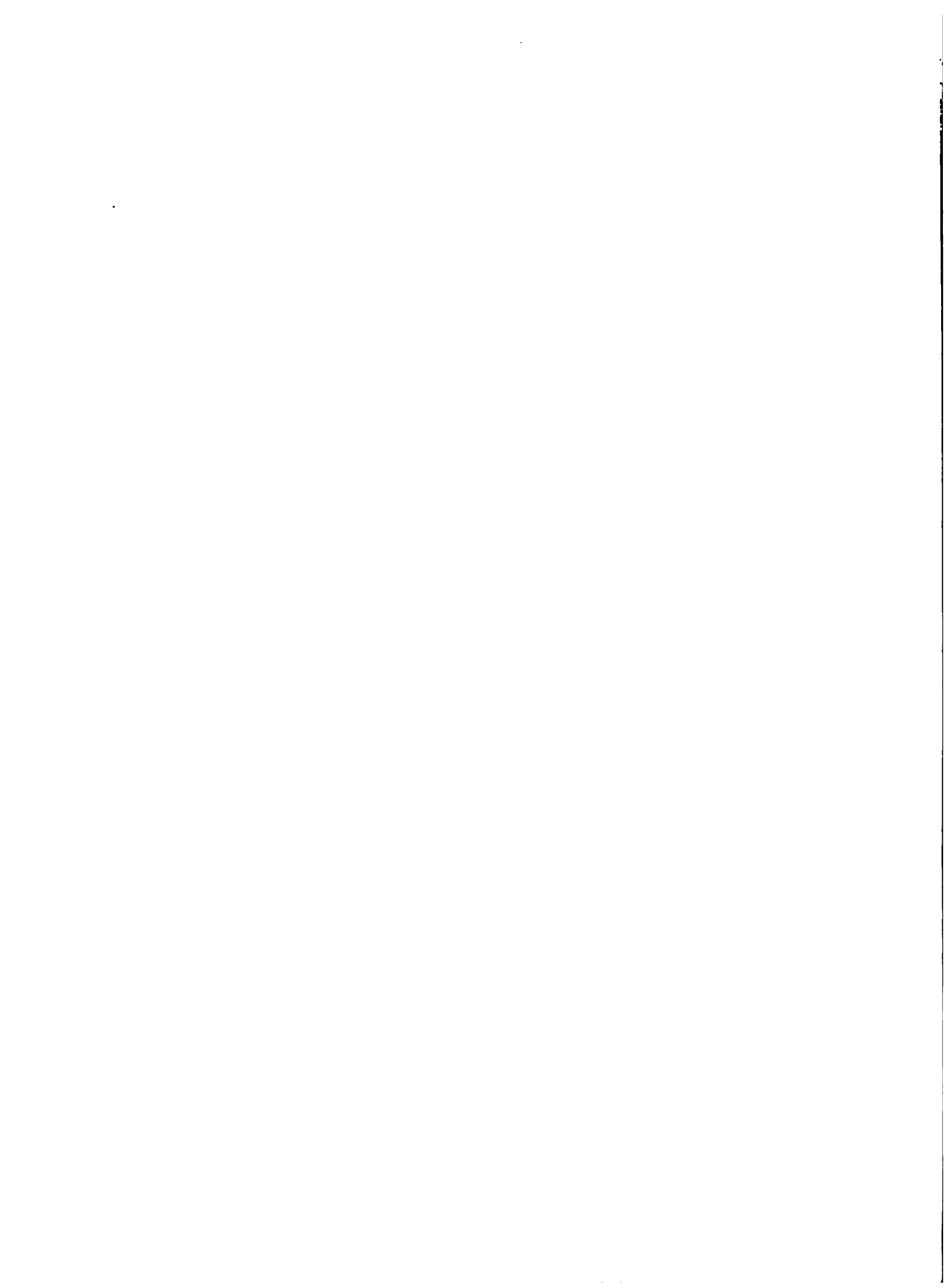
La fumigación con PH3 de papaya Kapoho Solo y Sunrise Solo, registró resultados contradictorios, pues en uno de los ensayos la mortalidad fue de 100% y en la repetición (para la cual se varió el período de postinfestación y se uso un ventilador en la cámara de fumigación) 97,758% y 99,504% para Sunrise y Kapoho respectivamente.

Estos mangos resultados y otros reportados en la literatura (Seo et al, 1979), permiten señalar que el tratamiento con Fosfina debe seguirse explorando y particularmente en combinación con inmersión en agua caliente, pues es razonable esperar que se encuentren condiciones que reduzcan a un mínimo las desventajas de tipo práctico, en particular el tiempo de exposición al PH3 y costo de manejo que presenta. Además, con la proscripción del EDB y las expectativas muy razonables de un futuro muy incierto para el Bromuro de Etileno, no parece haber otra alternativa en lo que a fumigantes se refiere.



II F A S E

Mayo - Diciembre, 1986



Introducción

En esta oportunidad se incluyeron tres variedades más de mangos y se puso énfasis en aquellos tratamientos que de acuerdo con los resultados reportados, ofrecían las mejores perspectivas de éxito; pero además, se realizaron otros ensayos para tener información experimental no obtenida en el período anterior (como el caso de la doble inmersión en mangos). En efecto, nos concentramos en la inmersión simple en agua a 46° C por períodos entre los 50 y 65 minutos para mangos, con el propósito de hacer suficientes tratamientos para alcanzar el Probit 9. Sin embargo, ello no se logró, pues para cuando se reiniciaron los trabajos (junio) el período de cosecha de mangos que restaba no lo permitió.

Por otra parte, se buscó también información respecto al efecto del tratamiento sobre la sobrevivencia de Anastrepha obliqua (Macquart), para lo cual hubo que recurrir a frutos infestados en el campo, cuyo índice de infestación es muy bajo y se requiere por consiguiente dar tratamientos a cantidades considerables de frutos para alcanzar el Probit 9.

Con las papayas los tratamientos probados fueron: la inmersión simple en agua a 49° C durante 30 minutos y la doble inmersión a 42° C por 30 minutos y a 49° C por 20 minutos. Con esta fruta no hubo problemas en su provisión y se pudo hacer suficientes tratamientos para alcanzar los niveles requeridos para un Probit 9.

Se realizaron ensayos para evaluar la tolerancia de los mangos y papayas a los tratamientos probados y se tenía planeado profundizar en el tratamiento con Fosfuro de Hidrógeno (Fosfina o Fosfamina) para lo cual se hizo construir una cámara de fumigación de 1m³. Pero por causas fuera de nuestro control, el generador del Fosfuro no estuvo disponible sino hasta principio de diciembre, por lo que, aparte de probar la cámara (la cual funcionó perfectamente), no se procedió a realizar fumigaciones.

Materiales y métodos

Se utilizaron mangos de las variedades Haden, Tommy Atkins, Keith, Mora y Smith cosechados verde sazón directamente en la finca de los proveedores. La ubicación de aquellas son las mismas que las anotadas en la I Fase con dos adiciones: Finca los Cruces en la Garita, Atenas y Finca la Georgina en Atenas.

Las papayas utilizadas fueron como anteriormente, los cultivares Kapoho Solo y Sunrise Solo adquiridas de PINDECO en la finca Volcán, Buenos Aires de Osa.

Los procedimientos en el manejo, infestación, tratamiento, almacenamiento, incubación y colección de las pupas de las frutas fueron los mismos descritos en la I Fase; igualmente los materiales e instrumentos empleados. Cualquier variación se indicará oportunamente. Bástese indicar aquí, que se usó, además de termómetros sumergibles, termocuplas (Omega Microprocessor Controlled Temperature Indicator Model 650 and RTD Probe Model HYP2) para el control de la temperatura del agua en los tanques de tratamiento; y que se trabajó también con mangos infestados en el campo por Anastrepha obliqua. De estos, algunos lotes se infestaron además con Ceratitis durante 72 hs. y luego se les almacenó durante 24 a 48 hs. antes de tratarlos. Los no expuestos a Ceratitis se les almacenó por 48 hs. antes de tratarlos.

Con mango se realizaron los siguientes ensayos:

1. Inmersión simple en agua caliente

Mangos Keith, Tommy Atkins y Smith infestados con anastrefas y Moscamed, se sumergieron en agua a 46°C por períodos de 55, 60 ó 65 minutos. Para los dos primeros se repitió el ensayo.

Mangos Tommy Atkins, Mora y Smith infestados con anastrefas, se les dió el mismo tratamiento durante 60 ó 65 minutos a los Mora; 55, 60 ó 65 a los Tommy y Smith.

Mangos Haden, Tommy Atkins y Smith libres de anastrefas, pero infestados con Moscamed fueron sumergidos durante 55, 60 ó 65.

2. Efecto del tamaño del fruto

Los resultados reportados en la I Fase, no mostraron evidencia alguna (para los tamaños utilizados) que éste tuviera efecto en la infestación y en la sobrevivencia de las larvas de las moscas. En esta oportunidad se efectuaron ensayos con mangos Tommy Atkins y Keith infestados con anastrefas y Moscamed con diferencias de tamaño de 350 grs. o más, sumergiéndolos en agua a 46°C por un período de 55 ó 65 minutos.

3. Absorción del calor

A tres mangos grandes y a tres pequeños (sin infestar) de cada una de las variedades, se les tomó la temperatura debajo de la cáscara y a unos 0,5 cm. encima de la semilla con una hipodérmica con termocupla (Omega Thermocuple Probe Model HYP2), mientras sumergidos en agua a 46°C. El período de inmersión se mantuvo hasta que la temperatura a profundidad igualó a la superficial en los mangos pequeños. Los Keith se sacaron del agua a los 65 minutos y se dejaron enfriar al ambiente (24°C) registrándoseles la temperatura, hasta que la temperatura del fruto igualó a la ambiental.

4. Doble inmersión

Mangos Keith y Tommy Atkins infestados con anastrefas y Moscamed fueron sumergidos en agua a 42°C durante 30 minutos y luego, dentro del minuto siguiente en agua a 40°C durante 20 minutos.

5. Tolerancia al agua caliente

Mangos Keith, Tommy Atkins, Haden y Smith escogidos por su mejor apariencia, sin manchas en la cáscara y sin infestar (sin embargo, 7 Tommy Atkins y 2 Keith resultaron con una larva de anastrefa cada uno), se usaron para evaluar la tolerancia al tratamiento con agua a 46° durante 65 minutos. El procedimiento seguido fue el mismo que el descrito en la

I Fase, salvo que para cada variedad, la misma cantidad de frutos tratados se dejó sin tratar y un tercio de los tratados y no tratados se almacenó al ambiente (23°C); además, luego del tratamiento se empacaron en cajas de cartón y así se almacenaron.

Los ensayos con papaya fueron los siguientes:

1. Inmersión simple

Papayas de los cultivares anotados antes se sumergieron en agua a 49° C por 30 minutos. Con Kapoho se efectuaron dos pruebas; con Surinse cuatro.

2. Doble inmersión

Papayas de ambos cultivares se sumergieron en agua a 42°C por 30 minutos y luego dentro del minuto siguiente, en agua a 49°C por 20 minutos. Se efectuaron 8 pruebas con cada una.

3. Absorción del calor

Utilizando el mismo instrumental que con los mangos, se tomó la temperatura a 3 papayas Kapoho grandes, 3 medianas y 3 pequeñas (sin infestar) debajo de la cáscara y a unos 3 cms. dentro de la pulpa cada 15 minutos, mientras se les daba el tratamiento de doble inmersión.

4. Tolerancia de la papaya al agua caliente

Se ensayó la tolerancia a la inmersión simple y a la doble inmersión con papayas de ambos cultivos en número de 180 de cada uno. La mitad se trataron y la restante se les sumergió en agua a 27°C y sirvieron de control. La mitad de las no tratadas y de las tratadas se sumergieron en un baño de fungicida. Un tercio de cada uno de los 4 grupos se almacenó al ambiente, otro tercio a 12-13°C por tres días y el restante a la misma temperatura por 16 días. Las frutas se empacaron siguiendo el procedimiento comercial. Terminado el período de refrigeración se tomaron observaciones respecto a firmeza del fruto y daño por escaldamiento y, luego se almacenaron a 22-23°C hasta maduración, tomándose periódicamente sobre pudrición, daño a la cáscara, coloración, maduración y frutos aceptables.

Estos ensayos se realizaron en las instalaciones de PINDECO en Volcán. Las observaciones fueron llevadas a cabo por el personal de control de calidad en la empacadora de esa empresa en Buenos Aires de Osa.

Resultados y discusión

Mangos

Inmersión simple: La sobrevivencia de Ceratitis capitata y de Anastrepha obliqua en cinco variedades de mango sumergidos en agua a 46°C durante 3 diferentes períodos se registra en la Tabla 15. No hubo sobrevivencia de Ceratitis en fruto sumergidos durante 60 ó 65 minutos; mientras que se necesitaron 65 minutos para eliminar las anastrefas.

Los bajos niveles de población de anastrefas se deben a que se usaron mangos infestados en el campo (los cuales comunmente muestran un índice de infestación bajo); no así para la Moscamed, pues la infestación se provocó en el laboratorio.

La mortalidad probable para Moscamed, para el total de sobrevivientes en todas las variedades es del 99,9976%, lo cual concuerda con el standard aceptado para un tratamiento cuarentenario efectivo de una probabilidad (g) de 0,99997 (Probit 9 Baker 1939) con un límite de confianza del 95% (en el caso presente el límite superior es 3.7). Por lo que se refiere a las anastrefas, se necesita hacer más tratamientos para alcanzar tal standar; así como para cada una de las variedades con ambas moscas.

En que se requiera más tiempo de inmersión en agua a 46° C para alcanzar la mortalidad requerida de anastrefas, se debe a las condiciones siguientes: 1) que la infestación en el campo se produce cuando la fruta está aún verde y al cosecharla (verde sazón) la larva ha penetrado profundamente en la pulpa; 2) que se requiere más tiempo para que el interior del fruto se caliente a la temperatura requerida para matar las larvas; y 3) que en las pruebas realizadas el tratamiento se efectuó a los 2 ó 7 días después de la cosecha para cuando las larvas ya habían alcanzado su madurez, o estaban en estado de prepupa.

La infestación con Moscamed se indujo cuando las frutas estaban verde sazón (grado de Firmeza 5) o cambiando de color (grado de firmeza 4-3) y se les dió tratamiento a los 5 ó 6 días después de cosechadas. En estas condiciones las larvas aún se encontraban en la zona superior de la pulpa y con 3 a 6 días de desarrollo.

Efecto del tamaño de la fruta: A causa del patrón en la absorción de calor por mangos de diferente talla y la tendencia a un mayor índice de infestación en frutas grandes, (Tabla 16) se espera que la talla afecte la sobrevivencia de las larvas. En los ensayos realizados con agua a 46°C por períodos de 60 a 65 minutos tal efecto no se hizo evidente.

Doble inmersión: En la Tabla 17 se registran los resultados obtenidos con mangos sumergidos en agua a 42°C durante 30 minutos y luego dentro del minuto siguiente, en agua a 49°C durante 20 minutos. Este tratamiento no produjo resultados satisfactorios para el control de las moscas.

Tolerancia al tratamiento con agua caliente: Los resultados de las pruebas realizadas en mangos de 4 variedades, sumergidos en agua a 46°C durante 65 minutos se registran en la Tabla 18. El número de frutas con daños debido a fungosis fue menor en las tratadas; tal efecto disminuye con el tiempo de refrigeración a 13°C. Daños debido al agua caliente solo se registraron en frutas infestadas con anastrefas.

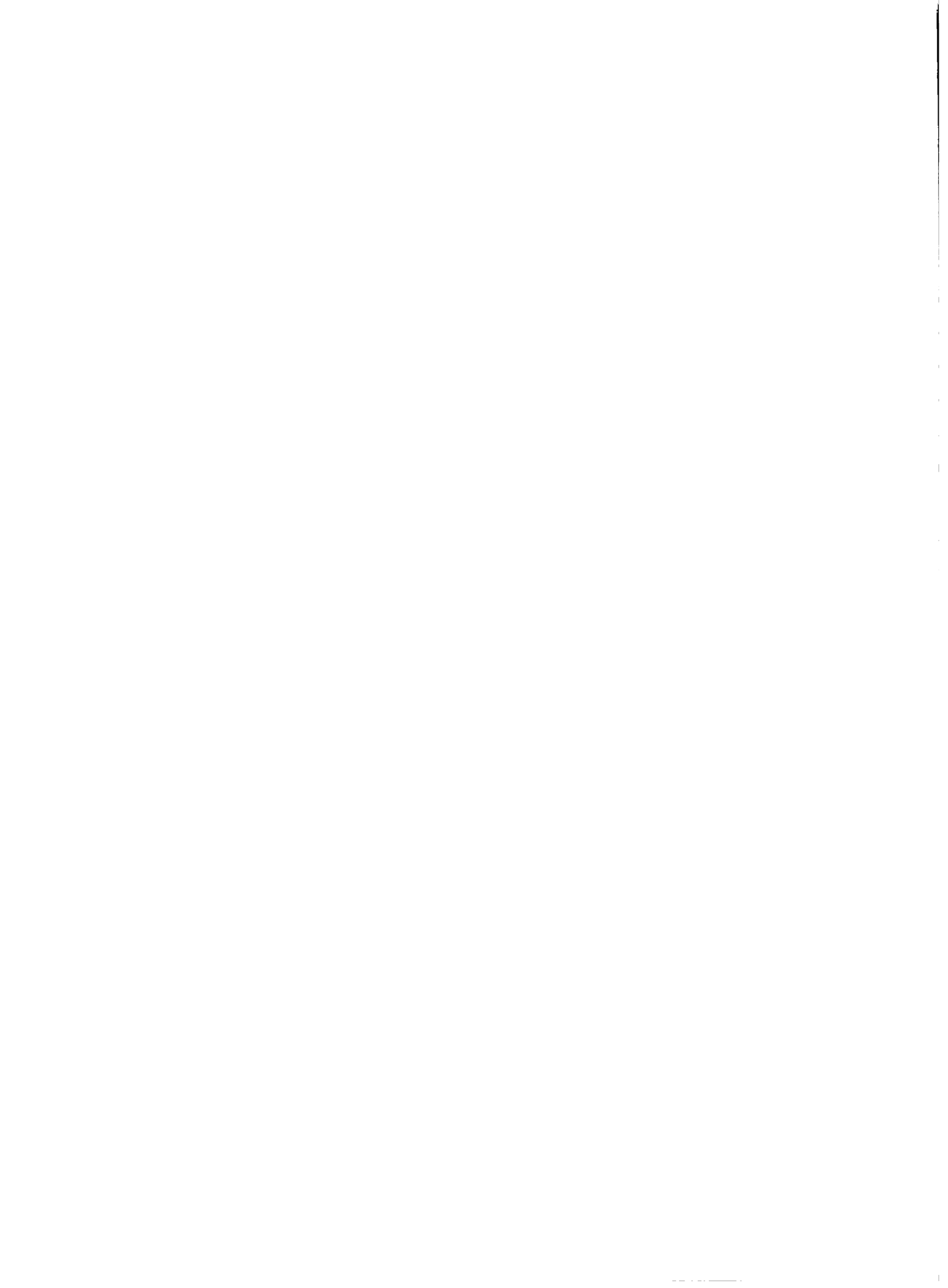
El porcentaje de frutas aceptables fue mayor entre las tratadas para las tres condiciones de almacenamiento. El mismo disminuye con el tiempo de almacenamiento, tanto en las tratadas como en las no tratadas.

En general, mientras mejor sea la calidad del fruto mejor será la tolerancia y en consecuencia, mayor el porcentaje de frutas aceptables después del tratamiento.

Papaya

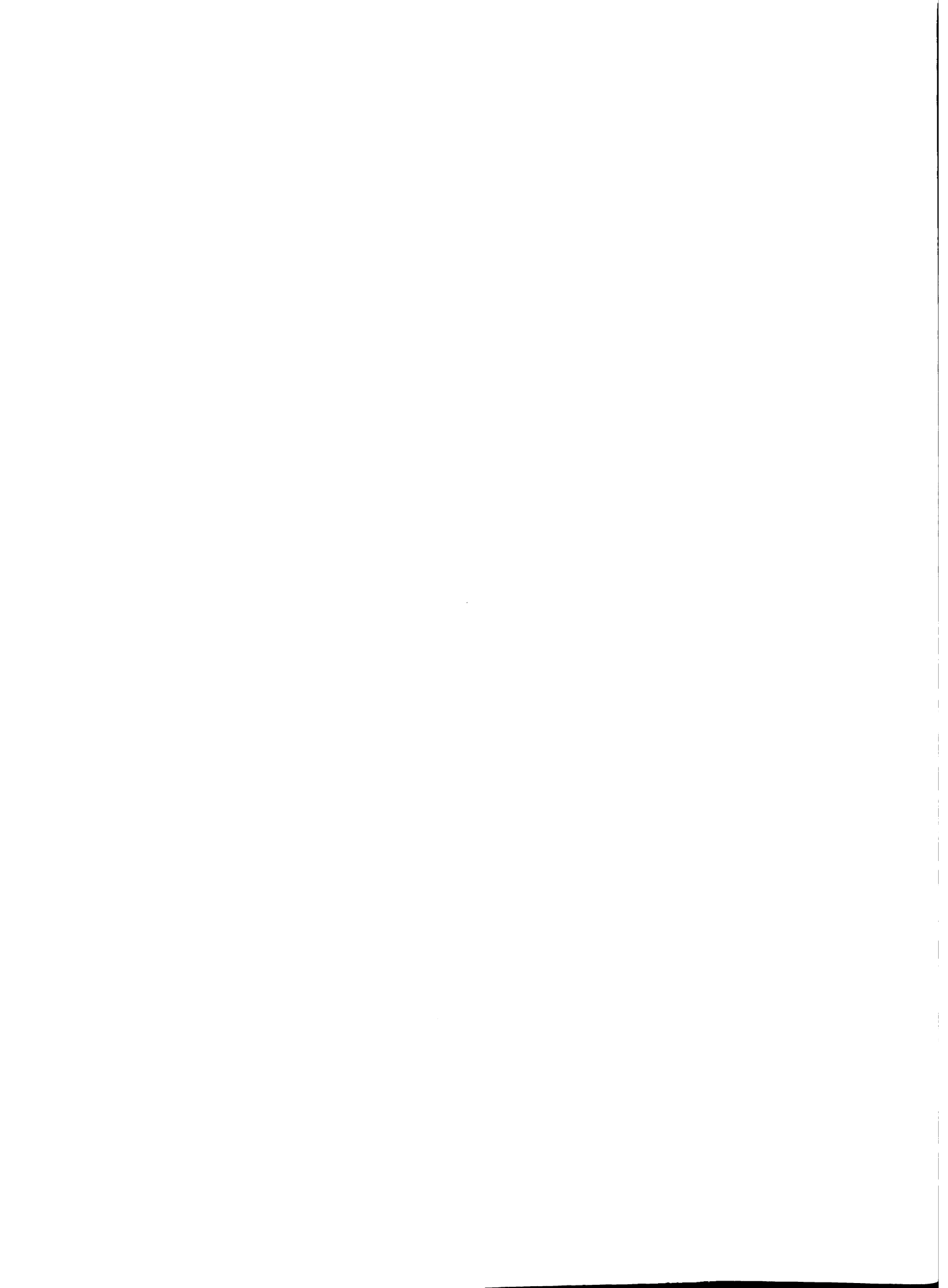
Inmersión simple: La inmersión en agua a 49°C durante 30 minutos (Tabla 19) de papayas de los Cultivares Kapoho Solo y Sunrise Solo infestados con Moscamed no dió resultados satisfactorios para el control de esa mosca.

Doble inmersión: La Tabla 19 muestra los resultados obtenidos al aplicar este tratamiento a papayas de los cultivares mencionados, infestados por Moscamed. No hubo sobrevivientes de las Kapcho. La mortalidad probable es de 99,9976% con un límite superior de confianza de 95% de 3.7. Hubo 4 sobrevivientes de una población estimada de 228.486 larvas en las Sunrise; vale decir la mortalidad es de 99,9982%. El límite superior de confianza de 95% es de 10.2. En consecuencia, en ambos casos el tratamiento alcanzó el standard requerido (Probit 9).



III F A S E

Enero - Agosto, 1987



Introducción

En concordancia con los resultados obtenidos anteriormente, la información de los logros alcanzados en Haití y México suministrados por el Dr. Milton Ouye del ARS y sus sugerencias respecto a los ensayos a realizar, en esta oportunidad todo el esfuerzo se concentró en el tratamiento por inmersión en agua caliente a 46.1-46.7°C (115°- 116°F) por períodos entre 40 a 90 minutos de mangos HADEN, TOMMY ATKINS, KEITH e IRWIN de tamaño (número de frutas en caja de 10 libras de capacidad) 8 y Haden 9, infestados en el laboratorio con Ceratitís capitata (Wiedemann) y en el campo con Anastrepha obliqua (Macquart); evaluación de la transferencia de calor en mangos de variedades Haden tamaño 8, 10 y 12; Keitt tamaños 6 y 10 y Tommy Atkins tamaños 6 y 10 y evaluación de la resistencia al agua caliente de larvas del 3r instar de Ceratitís y Anastrepha obliqua. Además y a objeto de dar continuidad a las pruebas efectuadas antes, se dió tratamientos a mangos Tommy Atkins, Keith y Haden hasta alcanzar el estimado de 100.000 larvas tratadas y eliminadas por el tratamiento.

Métodos

Los procedimientos, métodos y materiales fueron los mismos usados y reportados anteriormente, pero en esta ocasión la exposición de las frutas a la Moscamed fue de 24 hs. o menos (excepto en el caso de los HADEN de tamaño 9 y los TOMMY y HADEN usados en las pruebas de corroboración que los fueron por 48 hs. e incubados durante 72 hs.) e incubados durante 8 días antes de tratarlos. Para cada ensayo de tiempo-exposición se usó un testigo distinto, escogiéndose las frutas que los formaron al azar de entre el lote infestado.

Para la evaluación de la transferencia de calor la temperatura se midió inmediatamente encima de la semilla, introduciendo una aguja hipodérmica con termocupla por un costado del mango sumergido (en una área previamente marcada con un círculo de aproximadamente 1 cm. de diámetro) hasta tocar la semilla y luego retrayéndola aproximadamente 1 mm. Los mangos se numeraron y se les tomaba la temperatura al cumplirse el período previsto, siempre en el mismo orden.

Larvas del 3r instar de Ceratitís (un día antes de pupar) se usaron para evaluar su resistencia al calor. Unas 25 larvas por cada tiempo de exposición se colocaron en bolsitas de tela de malla fina y se sumergieron hasta unos 15 cm. por debajo de la superficie del agua a 46.1-46.6°C en el tanque para tratamientos. Cumplido el período de inmersión previsto se sacaron del tanque y se colocaron las larvas en cajas de Petri. A las 24 horas se separaron las larvas muertas y pupas mal formadas y el resto en su mayoría ya pupas, se les mantuvo hasta la emergencia anotándose el número de emergidas. En un primer ensayo se probaron períodos desde 3 hasta 10 minutos y luego para el intervalo en donde se registró la mayor mortalidad, se trataron las larvas entre 4 y 6 1/2 minutos a intervalos con 1/2 minutos de diferencia. Se realizaron 4 repeticiones.

En el caso de Anastrepha obliqua se coleccionaron las larvas que abandonaban los mangos infestados traídos del campo y se siguió el procedimiento descrito, se efectuaron 2 repeticiones.

Resultados y discusión

La Tabla 20 registra el total de una serie de tratamientos de inmersión en agua a 46.1-46.6°C durante 55, 60 ó 65 minutos a mangos Tommy Atkins Keith y Haden. A las cifras reportadas en la II Fase (Ver Tabla 15), se le añadieron las obtenidas en esta oportunidad. Es importante señalar que el tamaño de las frutas tratadas no fue uniforme, que fueron expuestas por 48 hs. a la Moscamed y se incubaron por algo más de 72 hs. antes de darles tratamiento.

No se recuperó ninguna pupa de Moscamed ni de *Anastrepha* de mangos de las tres variedades sumergidas durante 65 minutos. La población estimada de larvas de Moscamed sometidas al tratamiento en mangos Tommy Atkins y Haden fue de algo más de cien mil, con una mortalidad estimada de 99.9970 y 99.9972 respectivamente, la cual está dentro de la norma generalmente aceptada de una mortalidad probable (q) 0.999968 para un tratamiento cuarentenario efectivo.

Debe señalarse que el tratamiento se aplicó a mangos de tamaño muy variable (en los Haden desde 290 a 812 gramos con medidas de los diferentes lotes entre 386-618 gramos; y en Tommy desde los 380 a 816 gramos, con medidas de 475 a 697 gr. entre los lotes) y cuando las larvas de *Ceratitis* tenían entre 3 ó 4 días de emergidas; no así las de *Anastrepha* las cuales al momento del tratamiento ya eran maduras o prepupas por las razones que se dieron en la II Fase. El tamaño del fruto determina el patrón de transferencia de calor en el mismo y la edad de la larva determina su localización dentro del mango, además que, su resistencia al calor puede variar con la edad. En las condiciones en que se efectuaron las pruebas no hubo control de estos factores.

A objeto de controlar los factores mencionados fue que procedió a efectuar una serie de ensayos con mangos de un mismo tamaño y con un mismo tiempo de incubación 8 días, incluyendo el período de infestación, el cual fue de 48 hs. en un caso de 24 hs. o menos en los demás.

Los resultados se registran en las Tablas 21 y 25 y se puede notar, que solamente se recuperaron pupas de ambas especies de mangos tratados durante 60 o menos minutos.

Según se puede deducir la Tabla 26 y la Fig. 1, el patrón de transferencia de calor depende principalmente del tamaño, pues las variaciones entre variedades no son significativas. Sin embargo, la temperatura del fruto al comenzar va a influir sobre el patrón de transferencia de calor durante los primeros 30 a 40 minutos.

Anastrepha obliqua: parece ser más tolerante al agua caliente, según se aprecia de los resultados registrados en las Tablas 27 y 28.

**HOT WATER IMMERSION TREATMENTS AND PHOSPHINE FUMIGATION OF MANGOS
AND PAPAYAS INFESTED WITH THE MEDITERRANEAN FRUIT FLY**

FINAL REPORT OF THE USDA/OICD/IICA PROJECT:

**ALTERNATIVES TO THE USE OF ETHYLENE DIBROMIDE IN
IN POST-HARVEST TREATMENT OF
MANGOS AND PAPAYAS**

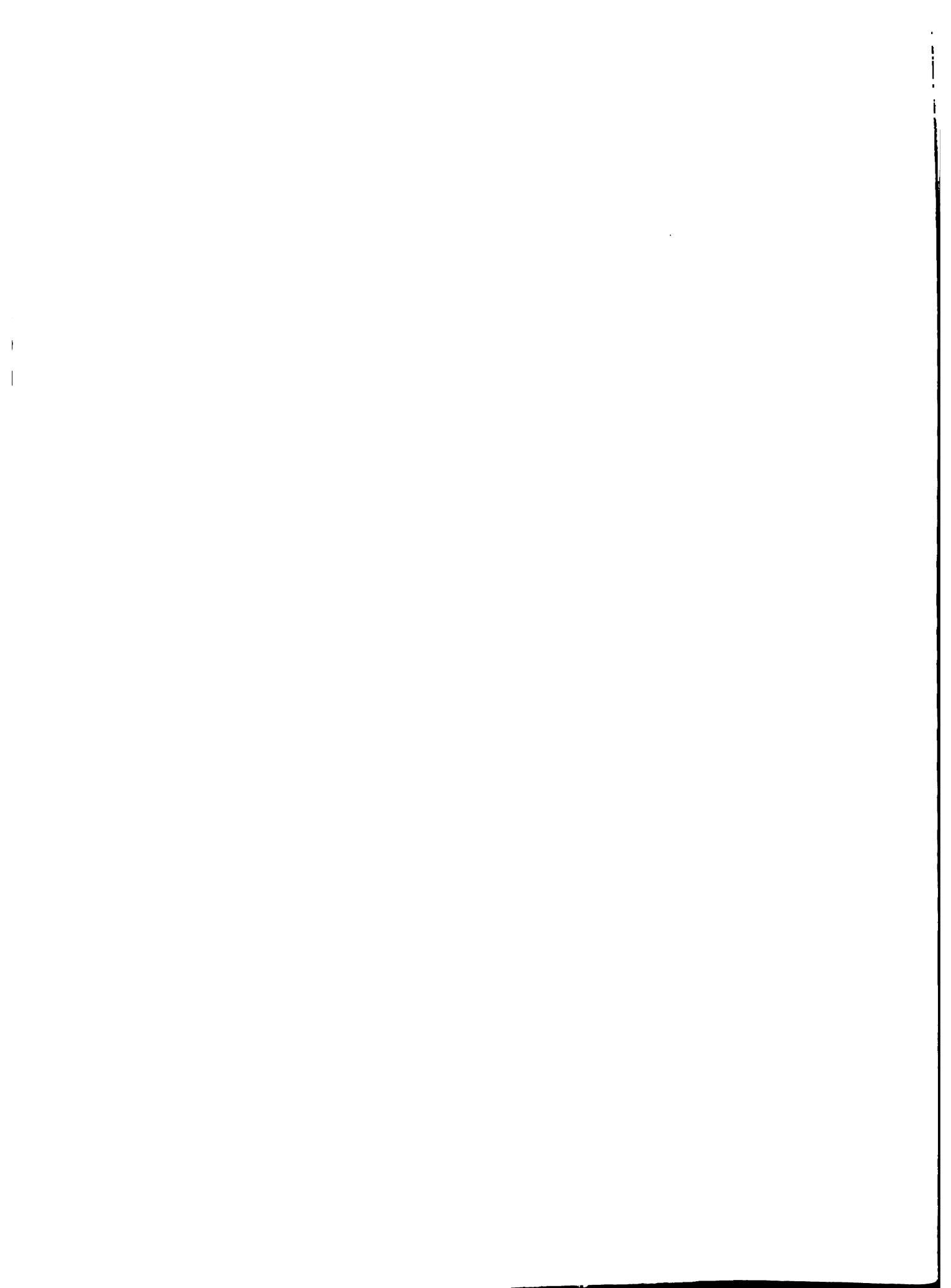
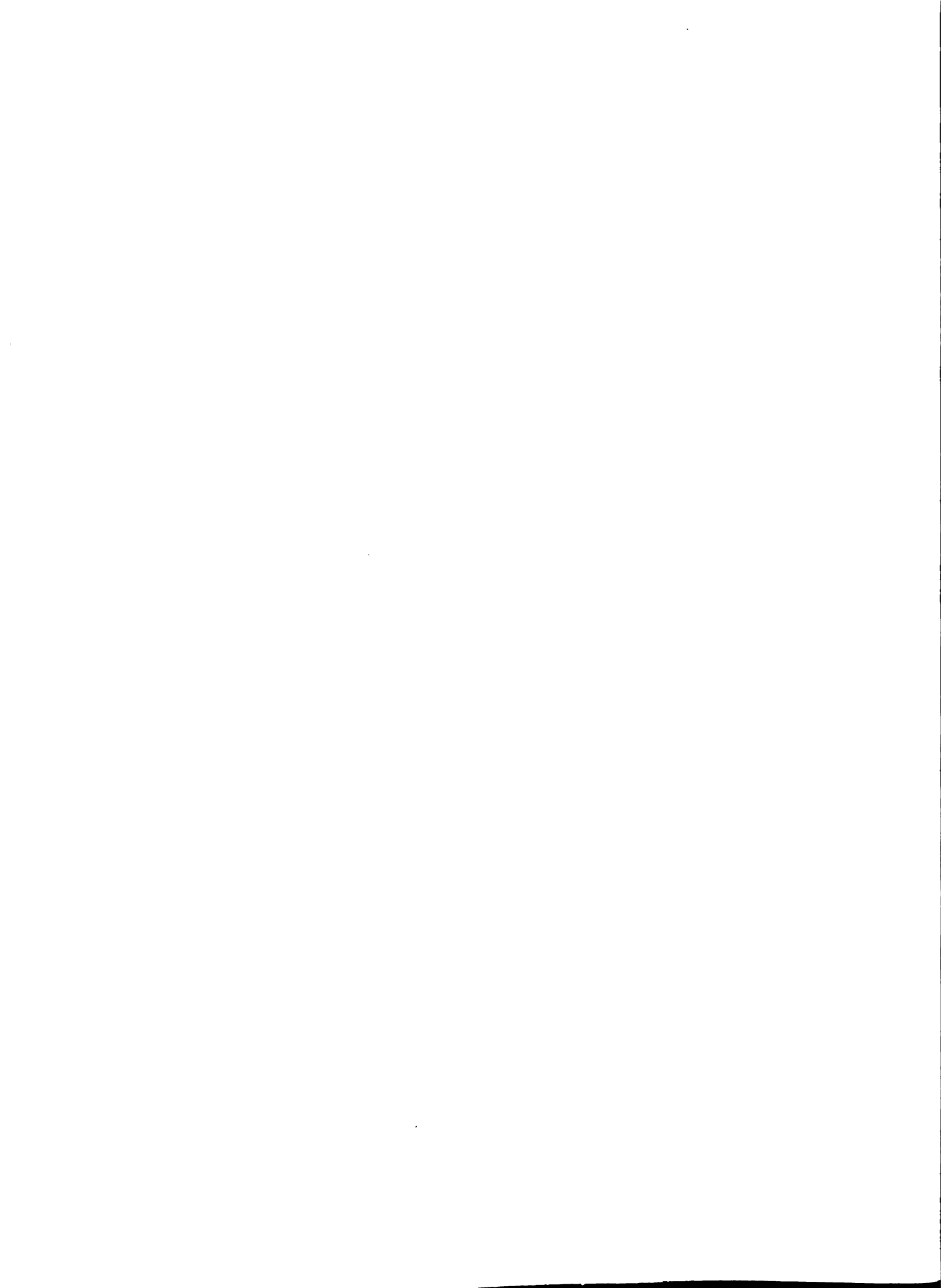
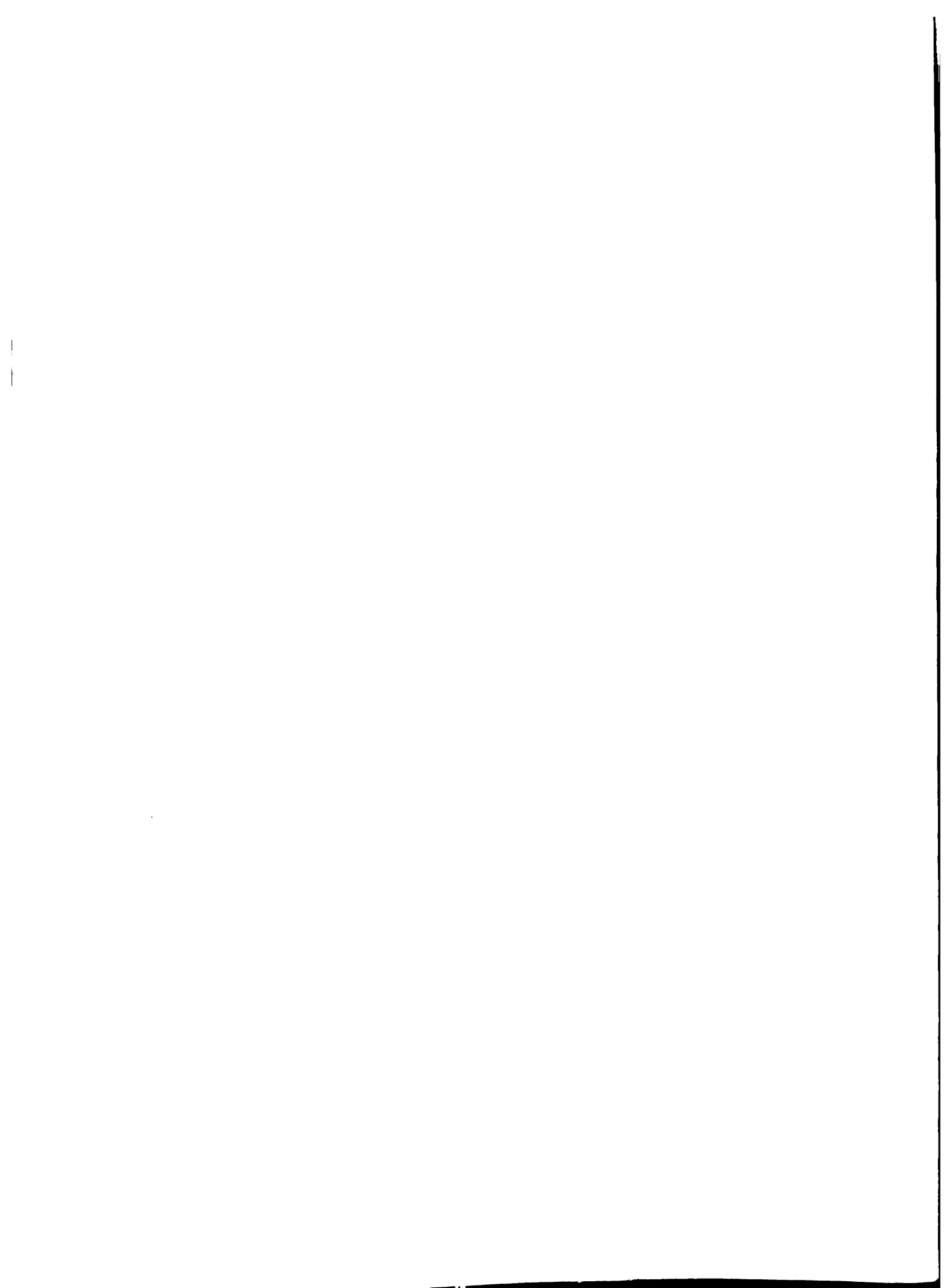


TABLE OF CONTENTS

Acknowledgments	-----	1
 <u>PHASE I</u>		
- Introduction	-----	5
- Materials and methods	-----	6
- Experiments and tests	-----	8
- Results	-----	13
- Discussion and conclusions	-----	18
 <u>PHASE II</u>		
- Introduction	-----	23
- Materials and methods	-----	23
- Results and discussion	-----	25
 <u>PHASE III</u>		
- Introduction	-----	29
- Methods	-----	29
- Results and discussion	-----	29
 <u>APPENDICES</u>		
- Tables	-----	33
- Figures	-----	65



ACKNOWLEDGMENTS



ACKNOWLEDGMENTS

We wish to express our sincere gratitude to the following institutions and individuals:

OIRSA, for the use of its facilities and physical and technical resources for the breeding of Medflies.

The Plant Protection Division of the Ministry of Agriculture and Livestock of Costa Rica, for making available to us their fumigation chamber at Puerto Caldera; and for the invaluable collaboration offered by the personnel of the Puerto Caldera Office.

PINDECO, for providing, in a timely and efficient manner, the papayas used in this study, and for granting us the use of its installations and personnel at its Volcan plantation to conduct the field tests.

The Fabio Baudrit Experimental Station of the University of Costa Rica, for supplying us with Keith mangoes.

The Department of Entymology of the School of Agronomy of the University of Costa Rica; in particular Luis F. Girón, for identifying Anastrepha obliqua (Macquart).

IICA, for the efficient administrative and logistic support needed to conduct this study; in particular to Dr. Federico Dao, Plant Protection Director, which was the key promoter of this research, for its enthusiastic support throughout all phases of the Project.

The Agency for International Development (AID), for the financing which made this study possible.

Evaristo Morales, Head of OIRSA in Costa Rica; Juan José May, Director of Plant Protection of the MAG-Costa Rica; Ramón Luis Hernández from the Fabio Baudrit Experimental Station; for their collaboration, efforts, and expressions of encouragement.

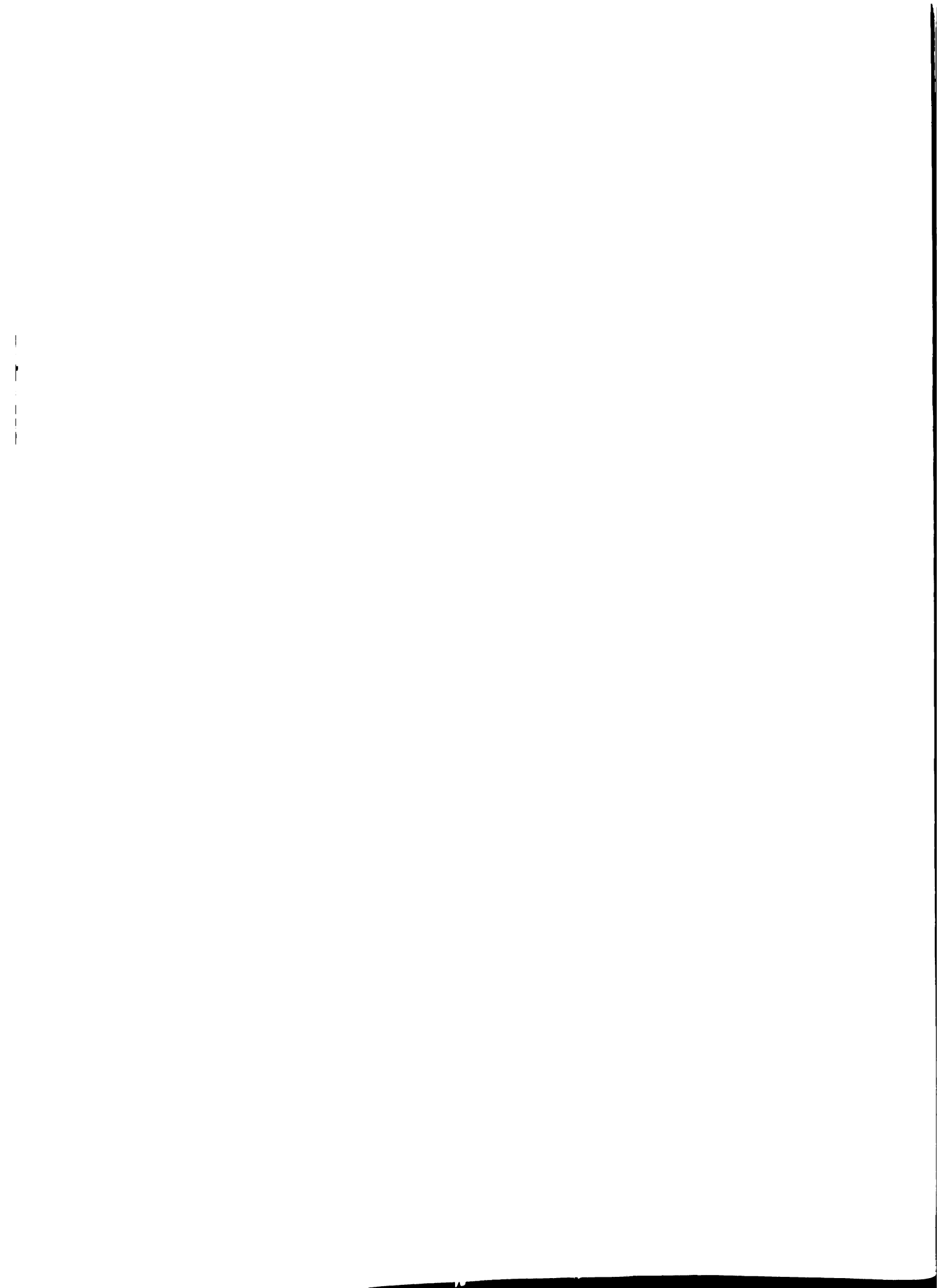
Ovidio Morales, Entymologist on the APHIS/OIRSA Project, for the identification of the flies obtained from the mangoes.

Julio Valerio, who supplied us with Anastrepha froterculus and Anastrepha obliqua larvae to conduct heat resistance tests.

Dr. Milton Ouye of ARS/USDA, for the timely and pertinent suggestions he offered during his last visit to Costa Rica.

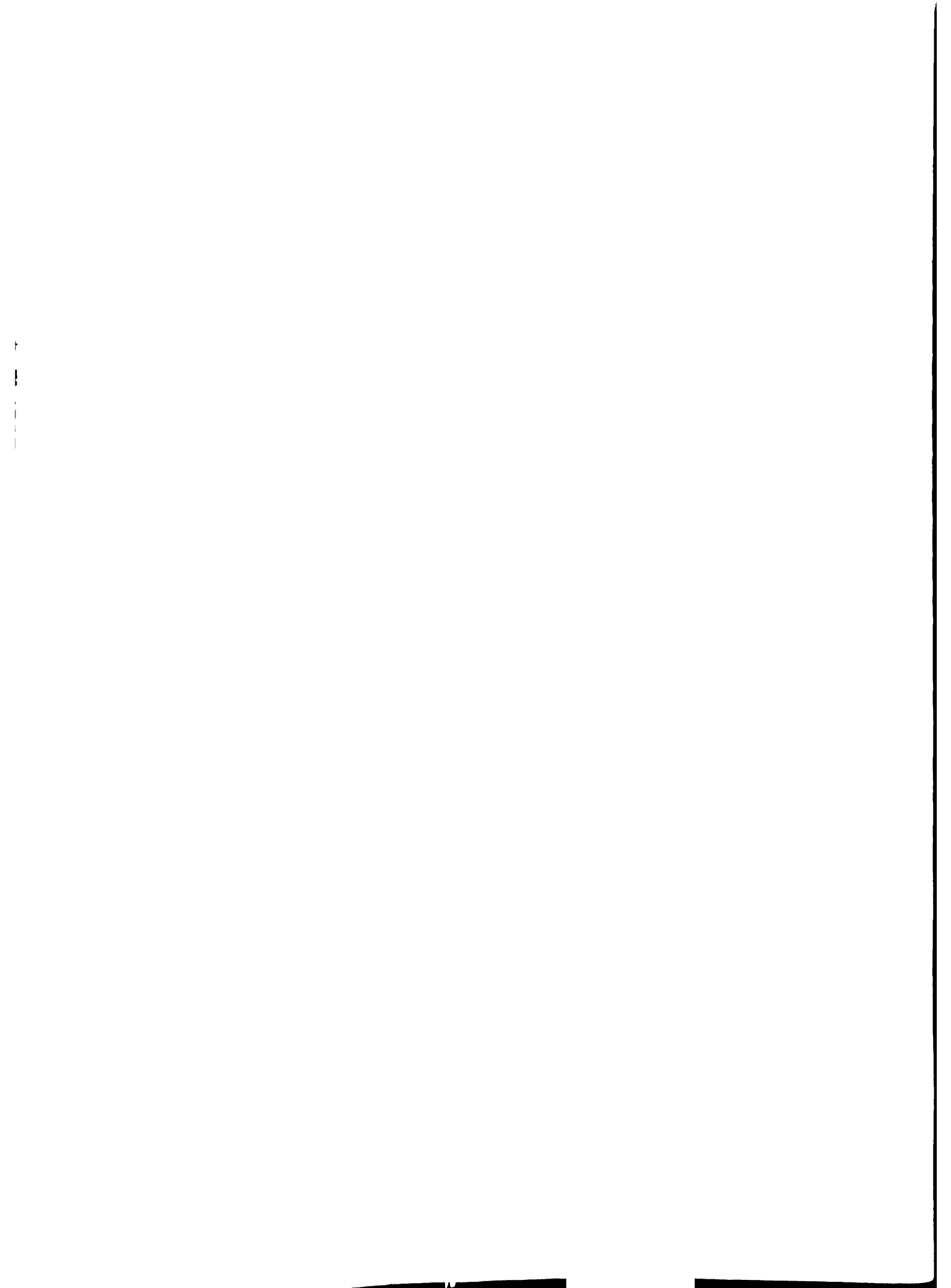
Pedro Oñoro, for the statistical analyses; Gonzálo Fonseca and José A. Villalobos Zamora, for their efficient and responsible work as assistants on the Project.

Efraín Hernández and Carlos Alfaro, for their efficient work as helpers.



P H A S E I

April, 1985 - January, 1986



Introduction

In March of 1984, the Plant Protection Program of the Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture held a meeting of researchers from Latin American countries and United States government institutions. The purpose was to discuss the ways in which fruit exporting countries in the hemisphere had been affected by recent restrictions and quarantine measures imposed by the United States government and by the ban on the Pesticide Ethylene Dibromide (EDB), used to fumigate tropical fruits exported to the United States, and to recommend measures for developing alternatives to the use of EDB in post-harvest treatments.

EDB is the most suitable, economical and easily applicable agent known to date for treating post-harvest tropical fruits and controlling fruit flies, especially the Mediterranean Fruit Fly or Medfly, Ceratitidis capitata (Wiedemann), which is widespread throughout the region, and some species of the genus Anastrepha, which are endemic in the Caribbean and Central and South America. These pests threaten to enter the United States, since they use tropical fruits as hosts.

As a short term alternative, experts at the above-mentioned meeting recommended that research be conducted on the feasibility of applying hot water treatments, separately or in conjunction with chemical treatments to mangos, papayas and other tropical fruits. The experts also agreed that research on Mediterranean fruit flies should be done in Costa Rica.

IICA developed a proposal for a research project in Costa Rica and requested financing from the Agency for International Development. AID accepted the proposal and signed an agreement with USDA/OICD and IICA to conduct a research project designed to determine the degrees of ripeness at which mangos and papayas are infested by fruit flies, to develop methods to accurately measure levels of ripeness of fruits, and to develop post-harvest treatments for these and other tropical fruits.

IICA assumed the responsibility for directing and implementing the project, AID, through OICD, for financing the project, and USDA for providing technical assistance. The Regional International Organization of Plant Protection and Animal Health (OIRSA) provided the site for the project's headquarters and made available its physical and technical resources for breeding Medflies.

The project, which lasted ten months, began in April 1985 after a plan was developed to conduct the research and a protocol was signed.

The project called for experiments conducted on fruits laboratory infested by Medflies and Anastrepha ludens. The Medflies were bred at OIRSA's installations in San Jose, Costa Rica. The Anastrepha ludens specimens were to be sent from Mexico, but logistical problems surrounding the transportation of said specimens from Tapachula, via Mexico City, to San Jose were impossible to overcome. In the end, only one shipment was made, and it proved to be a total failure.

The experiments did not begin until the end of May, once administrative problems had been overcome, an adequate work place had been established and the laboratory had been partially equipped. By this time, the mango season was beginning to pass and the Solo papayas from PINDECO were not yet ready for harvesting. The decision was made, therefore, to carry out all experiments on

mangos. The supply of fruit was not always constant, however, because the bulk of the harvest had passed and it was difficult to obtain transportation.

Funds were late in coming and inadequate to meet the needs established in the project proposal, and projected revenues frequently failed to arrive or were incomplete. Consequently, the project was hampered by a lack of equipment, facilities, instruments and technical assistance. Working conditions prevented proper isolation and aseptic conditions, which resulted in a contaminated work place. For all these reasons, the environmental, operating, and financial conditions under which the project developed were inadequate and restrictive.

Fortunately, IICA honored its commitments by paying salaries and meeting operating costs and minimum transportation needs. This enabled the project to proceed, conducting those actions described in the protocol which were feasible under the above-mentioned impediments. The experiments consisted of: Hot water immersions and phosphine fumigation treatment of mangos (Haden and Keith varieties) and papayas (Solo variet) from the Kapoho and Sunrise cultivars, 1/ laboratory-infested with Medfly. The fruits were tested for tolerance to hot water treatments and to laboratory infestation at different levels of ripeness. Additional trials with papayas determined tolerance according to hours elapsed since harvest. Samplings were conducted to determine infestation of papayas in the field.

The results presented in this report are meant as a first step towards solving the problems described in the project proposal.

Materials and methods

The experiments used a total of 807 Keith mangos, weighing 397.9 kgs. and 926 Haden mangos weighing 400.3 kgs. Keith and Haden varieties came from Orotina (229 masl, 9°55' N and 84°32' W) from the farm of Mr. Estenislao Fuentes, the Haden variety came from the farm of Mr. Pablo Gordienko in Atenas (758 masl, 9°57' N and 84°27' W), and the Keith variety, from the Fabio Baudrit Experimental Station in Alajuela, which is part of the University of Costa Rica (882 masl, 10°01' N y 84°12' W).2/

The papayas, all of the Solo variety (1,356 of the Kapoho cultivar and 1,398 of the Sunrise cultivar, weighing 513.7 and 648.3 kg. respectively), were provided by PINDECO. They came from a plantation owned by the company in Volcan, Buenos Aires (418 masl, 9°12' N and 83°27' W) in the province of San Jose.

The fruits used in the experiments were healthy and unblemished, all came from the same lot and were harvested in a green mature state (level 5 for mangos and 0-1 for papayas). The fruits arrived at the laboratory within 24 hours of harvest, were washed with tap water, dried, weighed on an OHAUS scale, which is accurate to +0.5 grams. Afterwards, they were numbered and stored in open tin trays in a chamber at room temperature (23°C) until they reached the level of ripeness required for the experiments.

1/ An exception was a Keith mango trial described below.

2/ One of these lots was heavily infested with Anastrepha obliqua (Macquart).

The fruits were infested through exposure to female Medflies laden with fertilized eggs. This was done in OIRSA's breeding chambers, which were equipped with round-the-clock artificial lighting and kept at room temperature (Fig. 1). There were approximately 50,000 flies per breeding chamber. In these experiments, a maximum of 50 fruits of the same variety, or cultivar, size or degree of ripeness, as required, were randomly placed on a wooden trays fitted with a 6.35 mm. wire mesh bottom designed to facilitate easy placement in and removal from the fly chamber. Mangos were exposed for periods of 48 and 72 hours, while papayas were exposed for a maximum of 24 hours.

Fruits used for conducting hot water tolerance tests were not infested.

Following infestation, fruits were randomly divided into as many groups as required by individual experiments. The groups were then placed in special boxes to collect pupas ^{3/} (Fig. 1) and stored at 23°C for a period of 24 or 72 hours for mangos, and 24 or 48 hours for papayas. The fruits were given the respective treatment.

Fruit given hot water treatment were immersed for a specific period of time at a preset temperature, as required by the experiment. The fruits, which were placed in wighted wide mesh diving bags with metal handles, were submerged at a minimum depth of 10 cm. below the surface. The three water tanks used for the experiment were 55 gallon oil drums (Fig. 1) insulated with an external layer of fiberglass coated with galvanized iron.

Two 1000 watt sealed heating coils were placed 10 cm. from the bottom of each tank (Fig. 2). A submersible pump (Seneca, MD. A-121, 0.7 Amp) with internal plastic pipes to circulate water, with the capacity to circulate 300 liters per hour, was also placed in the tank. A metal grid was placed approximately 30 cm. from the bottom to protect the heating coils and the water pump. An electronic thermostat, accurate to $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ with a thermocouple probe, was placed in the tank to control temperature. Submersible thermometers were used to test water temperature. The tanks were equipped with spigots at the base for draining, and were filled from the top with tap water, using a hose. During treatments, the tanks were kept covered. The inside of the tanks was painted with white plastic epoxy paint, waterproof, antricorrosive and resistant to high temperatures.

3/ Special boxes were designed and built for collecting pupas in groups of fruits or single fruits. Boxes for groups of fruits consisted of two wooden boxes, one on top of the other. The upper box measured 43 cm. x 53 cm. x 12 cm. tall with a 6.35 mm. wire mesh bottom on which the fruits were placed. This upper box was set inside the lower box (45 cm. x 48 cm. x 9 cm.) tall to a depth of 2 cm. The lower box contained fine, dry sawdust. The upper box was covered with wire mesh which extended to about 5 cm. beyond the edges and was fastened down with a rubber band. The boxes for individual fruits consisted of an upper recipient, with a truncated cone shape, made of plastic and measuring 11.5 cm. high. It has a one gallon capacity and, on the bottom, an orifice measuring 13.5 cm. in diameter and covered with 6.35 mm. screening. Fruit was placed on this screen. Below this recipient was a similar truncated cone, also made of plastic and measuring 11.0 cm. high, with a 1/2 gallon capacity and a foam rubber edge. This box contained sawdust, and the recipient was placed inside it.

Phosphine fumigations were conducted at room temperature and humidity. Magnesium phosphor in a FUMI-CELL3 formula was used as the PH₃ generator. The fumigation chamber used in the experiment was provided by the Plant Health Directorate of the Ministry of Agriculture and Livestock at Port Caldera (approximately 120 km. from San Jose). The fumigation chamber is a container measuring 31.8 m³.

Preliminary testing of the chamber showed heavy gas leaks (Fig. 3). As a result, the container was sealed inside with plastic epoxy paint. Three rows of plastic DRAGER tubes (Phosphamina 50/a) were used to measure gas concentration. A fan was installed in the chamber before the last test.

After each treatment the fruits (both treated and untreated) were placed in boxes designed to collect pupas at 23°C (Fig. 2). Noninfested fruits were examined and removed from the control group every three days. These fruit were placed in individual pupa collecting boxes, and the sawdust was changed as needed. After a lapse of ten or eleven days, the sawdust was sifted every three or four days and the pupas were collected and the number recorded. This procedure was repeated until no more pupas were found, at which point the fruits were sectioned to discover additional pupas or larvae.

Experiments and tests

On the basis of past unpublished experiments and recommendations (J.L. Sharp and D.H. Spalding, 1984), the following experiments and tests were conducted using Haden and Keith mangos.

1. Infestation by degree of ripeness

The degree of ripeness tests described in the "USDA Inspectors' Instructions for Limes and Avocados" are frequently applied to mangos in the following manner:

Firmness 1, post-ripe stage the fruit yields easily to moderate pressure); Firmness 2, ripe (optimum level for consumption); Firmness 3, ripe (the fruit yields little to moderate pressure); Firmness 4, half-ripe (yields very little to moderate pressure); Firmness 5, green (hard, does not yield to moderate pressure).

A batch of Keith mangos was picked on a single day and arrived at the laboratory within 24 hours of harvest. A group of 12 mangos, firmness level 5, was selected from this lot and exposed to infestation for a period of 72 hours. The rest of the lot was stored at 23°C, and groups of 12 were removed for use in experiments as they reached the desired level of maturity. Whenever more than one ripeness group was removed at the same time, the different groups were exposed to infestation in separate chambers so as to avoid any possible preferences by the laying flies. Afterwards, each fruit was individually placed in a box to collect pupas (Fig. 2) at 23°C. The fruits were monitored closely as indicated above.

The same procedure was used for the Haden mangos.

2. Hot water treatment: the effects of temperature, time of immersion and size of the fruit

The following experiments were conducted using Keith mangos

- a. Hot water immersion treatments at 43°, 46° or 49°C for a time span of 45, 55 or 65 minutes, for each temperature setting.
- b. Hot water immersion treatments at 46 for periods of 45, 55 or 65 minutes, and at 49°C for 55 minutes.
- c. Immersion at 52 for 45, 55 or 65 minutes.
- d. Immersion at 46 for periods of 65 minutes, and at 49°C for 35 or 45 minutes.
- e. Immersion in hot water at 49°C for 45, 55 or 65 minutes.

The following experiments were conducted using Haden mangos:

- a. Immersion at 43°, 46° or 49°C for periods of 45, 55 or 65 minutes for each temperature setting.
- b. Immersion at 46°, 49° or 52°C for 45, 55 or 65 minutes for each temperature setting.
- c. Immersion at 52° for 45, for 55 or 65 minutes.
- d. Immersion at 49°C or 52°C for 35 minutes.

Tables 3 and 4 record, for each test, for Keith and Haden, respectively, the number, size and postinfestation time of each treated group, with each combination of time and temperature.

In each experiment, two different size groups of fruits from the same lot (with intergroup differences of at least 150 gr.) were placed in separate mesh bags and immersed simultaneously. Control groups were selected for the different size groups. The control group fruits were from the same lots and size groups as their counterparts used in each test.

3. Phosphine Fumigation

A total of 20 fruits were selected from each of the two lots of Keith and Haden mangos, which had been infested for a period of 48 hours and then stored for 16 hours. Ten fruits of each variety were placed in wooden boxes with 6.35 mm. wire mesh bottoms and subsequently placed in the fumigation chamber. The boxes were placed 30 cms. from the floor and exposed to phosphine for 48 hours. The remaining ten fruits from each variety were used as the control group.

A second trial was conducted on 24 Haden mangos which had been infested for 72 hours and stored for another 72 hours. The mangos were fumigated

for 48 hours. An equal number of fruits from the same lot was selected as the control group and was not fumigated.

A third trial was conducted on a group of Keith mangos infested with Anastrepha obliqua (Macquart), which had been exposed to medfly infestation for 72 hours and stored for the same period of time. Fourteen of these fruits were selected and fumigated for a period of 36 hours. Another 14 fruits from the same lot were selected as a control group.

4. Hot water tolerance

A lot of uninfested Keith mangos was allowed to ripen to level 4 firmness at 23°C. A group of 64 fruits was immersed in water at 27°C for a period of 65 minutes. The remaining fruits were divided into three groups one group was immersed for 45 minutes. The other for 55, and the other for 65 minutes, at 46°C.

After the treatments, all the fruits (treated and untreated) were refrigerated at 13°C. Half of the fruits from each treatment were refrigerated for 3 days and the rest for 16 days. At the conclusion of each period, observations were made and recorded as to the firmness, percentage of color at ripeness, and blemishes due to scalding. Afterwards, the fruits were stored at 23°C and records kept as to the time of ripening, spoilage (anthracnose and rotting of the stem base), skin blemishes, the percentage reaching the color of ripeness, and the percentage of acceptable fruits.

In another test, 60 fruits were selected from a group of 156 Keith mangos, which had been infested with Anastrepha obliqua (Macquart), and were submerged for 65 minutes at 27°C. The remaining 96 fruits were divided into 4 groups of 24 and submerged at 49°C and 52°C for 45 minutes respectively. Afterwards, the post-treatment process mentioned earlier was applied.

Two similar trials were conducted on Haden mangos, but in addition, two 65 minute immersions were made at 49°C and 52°C.

The following tests and experiments were conducted on papayas:

1. Infestation by degree of ripeness

The PINDECO Co.'s system was used to determine levels of ripeness as follows: 0-1 green (level of ripeness at harvest), level 2, 1/4 ripe, level 3, 1/2 ripe, level 4, 3/4 ripe, level 5, 7/8 ripe, and level 6, ripe (optimum level for consumption).

One experiment was conducted with each cultivar, following the same procedure used with the mangos. Ten replications were made for each of the first four levels of ripeness, eight for each of the remaining Kapoho and nine for the Sunrise.

2. Hot water treatment - double immersion

The following experiments were conducted on papayas from both cultivars, 24 or 48 hours after being infested.

- a. The first immersion for 40 minutes at 42°C, the second for 20 minutes at 49°C. The experiment was repeated for Sunrise papayas, 24 hours after infestation.
- b. The first immersion for 30 minutes at 42°C, the second for 30 minutes at 49°C.
- c. The first immersion for 30 minutes at 42°C, the second for 20 minutes at 40°C. The experiment was repeated for Kapoho papayas 48 hours after infestation.

During the test, the time lapse between immersions never exceeded one minute.

Single Immersion

- a. Papayas from both cultivars were submerged for a period of 20 minutes at 49°C, 24 hours after infestation.
- b. Papayas from both cultivars were submerged for 30 minutes at 49° C, 24 or 48 hours after infestation.

Tables 5 and 6 indicate the number of fruits, replications, weight and post-infestation time for each test.

3. Phosphine fumigation

In the first experiment, 40 Kapoho papayas (4 replications using 10 fruits each) and 36 Sunrise papayas (3 replications using 12 fruits each), 24 hours after infestation, were fumigated with phosphine for 24 hours. Eleven fruits of each variety, which had been infested but not treated, were used for control.

In a second experiment, 48 papayas from each cultivar (6 replications of 8 papayas each), 48 hours after infestation, were fumigated with phosphine for 24 hours. Seventeen infested, untreated fruits of each variety were used for control.

The fruits were placed in uncovered cardboard boxes (as used by PINDECO for export shipping). They were then introduced into the fumigation chamber 30 cm. from the floor.

4. Post-harvest periods

Five groups of seven fruits each were used from each cultivar. Each group was infested following a different post-harvest period: within one

hour of harvest and 6, 12, 18 or 24 hours after harvest. This was done at PINDECO's facilities in Volcan, bordering on the papaya plantation. The experiments were conducted at room temperature and with natural lighting. To conduct the experiment, each group was placed in a cage measuring 1 cubic foot and simultaneously exposed to 250 egg-bearing female Medflies for a period of 6 hours.

The flies hatched in pupa cages brought from the OIRSA laboratory. Seven days later, the papayas were introduced. After infestation, the groups were packed in shipping crates and transferred to the laboratory in San Jose, where the fruits were placed in individual boxes to collect the pupas at 23°C. The boxes were periodically monitored, as described earlier.

5. Natural infestation of Kapoho papayas

Four rows of papaya trees at the PINDECO plantation, located along the windward side of the field, were withheld from treatment with insecticide beginning one week before and during the course of the sampling. Samples were taken from these previously selected plants on a weekly basis. The fruits were picked on the same day of the week at the same time of day but at different levels of ripeness. The fruits from different plants picked on the same day were sorted according to degree of ripeness and placed in boxes for pupa collection. They were then taken to the laboratory in San Jose, weighed, stored at 23° C, and periodically monitored as indicated earlier.

The sampling was conducted for seven consecutive weeks, starting on November 5, 1985.

6. Hot water tolerance

Three tests were conducted for each cultivar:

- a. Double immersion: The first, for 30 minutes at 42°C, the second for 30 minutes at 49°C.
- b. Double immersion: The first, for 30 minutes at 42°C, the second for 20 minutes at 49°C.
- c. Single immersion for 30 minutes at 49°C.

A group of fruits from the same lot as the treated fruits was used as control for each of the tests.

Both treated and untreated papayas were divided into three main groups, one group from each category was allowed to ripen at 23°C, another pair

was refrigerated at 10° C for three days, and the last pair was refrigerated at 10° C for 16 days. 4/

At the conclusion of each period, the fruits were removed from refrigeration and observations recorded regarding firmness, damage due to scalding and percentage of fruits with a ripe color. The fruits were then stored at 23° C and observed, to determine the time of ripening, spoilage (anthracnose, fungosity, rotting of the stem base), pulp consistency and the percentage of acceptable of fruits and fruits with a ripe skin color.

Results

1. Susceptibility of mangos and papayas to Medfly infestation at different degrees of ripeness

Table 1 shows the results of the evaluation on susceptibility to infestation of Haden and Keith mangos, at different degrees of ripeness. The number of pupas found per fruit varies, independently of ripeness. The variation is most noticeable in the Haden mangos. All Keith samples at all levels of ripeness contained fruits which had not become infested. At level 5 ripeness, 83% of the Haden and 75% of the Keith were infested. At level 1 (overripe), 100% of the Haden and 67% of the Keith mangos became infested.

Mature green mangos of both varieties were least tolerant to infestation. Keith mangos of levels 4 and 2 ripeness and Haden mangos of levels 2, 3 and 4 proved to be the most tolerant, while tolerance at the remaining levels was intermediate. Haden mangos were much more susceptible to infestation. Figure 1 illustrates these infestation rates in graphic form.

Kapoho papayas (Table 2) also showed variations in the number of pupas per fruit, regardless of the degree of ripeness. This kind of variation was not so apparent in Sunrise papayas, in which the level of infestation appears to rise with the degree of ripeness. The least tolerance was found at levels 0-1, grade 2 fruits demonstrated intermediate levels of tolerance to infestation, and all remaining levels showed high tolerance. Levels 0 to 3 of Kapoho papayas were least susceptible, while levels 5 and 6 were the most susceptible (with no significant differences between the categories). Level 4 was the most tolerant. Approximately 80% of level 0-1 Kapoho papayas and 20% of the Sunrise papayas were infested.

4/ The storage chamber and laboratory in general were characterized by a high degree of fungus contamination. Therefore, the treated and untreated papayas for these trials were submerged in a THIABENDAZOL-based fungicide solution prepared with 186 cc. of the commercial product (liquid TECTO) and 80 cc. of HCl in 40 liters of water.

Figure 2 depicts infestation in terms of the number of pupas by papaya weight. The table clearly indicates that the pattern of infestation was different for the two cultivars.

2. The effects of hot water treatment on Medfly in mangos and papayas

Table 3 shows the results of hot water treatments on Keith mangos laboratory-infested with Medflies. The mortality rate for the three different periods of immersion at 43°C varies, independently of fruit size, between 26.8 percent and 99.9 percent. The mortality rate at 46°C was 100 percent in fruits immersed for 55 or 65 minute periods. The rate for fruits immersed for 45 minutes was different for each trial and varied between 0 and 54.20 percent. The mortality rate was lower in smaller fruits with longer post-infestation periods. Immersion for 35 minutes at 49°C was not sufficient to kill all the larvae. Longer immersion periods were more effective. Three replications using smaller mangos with 24 hour post-infestation periods produced only one instance of 9 pupas that survived immersion at 49 C. No pupas survived immersion at 52°C.

Only one pupa survived a test using Keith mangos naturally infested with Anastrepha obliqua (Macquart) which were immersed for 35 minutes at 49°C.

Results using Haden mangos were similar (Table 4), with the following exceptions: one pupa survived one trial of small mangos immersed at 46°C for 65 minutes, the number of pupas found in mangos immersed for 55 minutes was greater than the number found in the control group (there seems to be evidence that these and the smaller mangos in the same treatment group were not submerged for the correct amount of time), and the mortality rate was 100 percent in mangos immersed for 45 minutes at 49°C.

The results of experiments conducted on Kapoho and Sunrise papayas are given in Tables 5 and 6. The first double immersion trial (42°C for 40 minutes and 49°C for 20 minutes) conducted on Sunrise papayas which had been stored for 24 hours revealed 245 pupas from two of the eight replications.

The test was repeated, and none of the pupas survived; there were also no survivals in Kapoho papayas. Three pupas were collected from Kapoho papayas and four from Sunrise papayas subjected to the same test, but after a 48 hours post-infestation period.

No pupas survived the remaining double immersion tests with the exception of one pupa which survived one of the double immersion replications (30 minutes at 42°C and 20 minutes at 49°C) conducted on Sunrise papayas with a post-infestation period of 48 hours.

Larvae survived in all papayas of both cultivars immersed for 20 minutes at 49°C. Thirty-minute immersions, also at 49° C, produced 100 percent mortality in two trials of Kapoho. The same held time for Sunrise at 24

hours post-infestation. However, at 48 hours post-infestation, two of the six replications on Sunrise papayas failed to produce total mortality.

Medfly infestation in all the control groups was substantial. The minimum number recorded for Kapoho papayas was 823 pupas/kg. and the maximum was 1.780 pupas/kg. For Sunrise papayas the figures were 887/kg. and 2.170/kg.

3. The effects of phosphine fumigation on Medfly in mangos and papayas

Table 6 presents the results of phosphine fumigation. (The first preliminary test showed a marked decline in Ph₃ concentration (Fig. 3) during the test period). This notwithstanding, the Medfly mortality rate was 100 percent in fumigated fruits. It is important to note that during this test the treated fruits underwent a drastic change in color, and the skins acquired irregular brown splotches. This change did not occur in the control group or in subsequent tests. 5/

Before subsequent trials were held, leaks in the chamber were sealed with putty, cracks were repaired with fiberglass, and the interior of the chamber was painted with white latex paint. Subsequent readings of PH₃ levels in the chamber (Figures 4, 5, 6 and 7) indicate that most of the leakage had stopped.

All of the pupas died in Haden mangos exposed to fumigation for 48 hours in the chemical concentrations given in Figure 4. One pupa survived in the Keith mangos fumigated for 36 hours, as indicated in Figure 5, in sharp contrast to the 1858 pupas found in the control group. Keith mangos used in this experiment came from a lot naturally infested by Anastrepha obliqua. One pupa survived from this species, as opposed to 79 in the control group. It is important to add that these mangos, which were received at the laboratory while still green (they had not reached level 5 ripeness), contained larvae in advanced stages. Adult larvae were found in the trays during storage prior to Medfly infestation. Twelve days passed before they were fumigated, and the larvae were, therefore, in their final instars. A total of 64 dead larvae were found on the floor of the boxes after the mangos were fumigated.

The Medfly mortality rate was 100 percent in papayas from both cultivars with 24 hour post-infestation periods (Table 8 and Fig. 6). In contrast, Medfly larvae survived in all of the replications using fruits of both cultivars with 48 hours post-infestation periods (Fig. 7).

5/ Before the experiment began, the chamber had been used to store boxes of ethylene-chloropicrin bromide, and several of the cartons had serious gas leaks, The chamber was aired for two hours, which was apparently insufficient. We believe the observed effect on the fruit color was caused by the remnants of this gas trapped in the chamber or impregnating certain internal structures.

4. Papaya tolerance to Medfly infestation at different post-harvest periods

The results depicted in Table 9 indicate that infestation did not occur on fruits less than one hour or up to six hours after harvest. No pupas were found in Sunrise or Kapoho papayas 12 hours or less after harvest subjected to 12 hours of infestation. A total of 57 pupas were collected from Kapoho papayas infested 12 hours after harvest and infested for 6 hours. Papayas from both cultivars, 18 and 24 hours after harvest, became infested, regardless of the number of hours of exposure to Medflies.

5. Natural infestation of Kapoho Solo papayas by Anastrepha sp. Medflies and other flies

As indicated in Table 10, the Kapoho Solo papaya samples yielded no pupas of Medflies or Anastrepha sp. Instead, these fruits were infested with 25 pupas of Toxotrypana Curvicauda, 2 of the genus Euxesta and 21 of the genus Richardia.

6. Mango and Papaya tolerance to hot water treatment

The hot water tolerance of Keitt and Haden mangos decreased noticeably with increases in temperature, immersion time, and length of storage at 13°C (Tables 11 and 12).

Keith mangos treated with hot water at 49 or 52° C, stored at 13°C for all testing periods, and subsequently kept at 23°C, ripened more quickly than mangos in the control group. The ripening process was retarded in some of the fruits immersed for periods of 45 or 55 minutes at and both temperatures refrigerated for three days. Ripening ceased altogether in mangos refrigerated for 16 days, with the exception of those immersed at 40°C for a period of 45 minutes. Similarly, damage due to scalding increased with higher temperatures and longer times of immersion and refrigeration. Fruits immersed for 55 minutes at 52°C or at 49°C and refrigerated for 16 days suffered total damage. Undesireable blemishes and skin discolorations also occurred and were heightened by increases in temperature and times of immersion and refrigeration.

Haden mangos produced similar results, with some quantitative differences. Haden and Keith mangos immersed at 46°C and refrigerated for the periods specified for the trials ripened at the same rate as their respective control groups. The records indicate that Anthracnosis and rotting of the stem base were reduced by longer immersion periods, with respect to the control group and independently of the time of refrigeration. No heat damage was recorded, even though there were slight changes in the coloration and texture of the skins of the fruits. These changes were more apparent in the Keith variety. The color at the time of ripeness was the same for all Haden mangos treated at 46° C. However, with one exception, tested Keitt mangos, regardless of treatment, failed to achieve full ripe colors even though they were ripe by any other measure (firmness, flavor, color of pulp, etc.).

The percentage of acceptable fruits of both varieties treated at 46°C was always greater than that of untreated fruits. This percentage increased with time of immersion, but declined in fruits refrigerated for 16 days and those immersed for 55 or more minutes, by comparison with fruits refrigerated for 3 days.

In contrast, the condition of fruits treated at 49°C or 52°C was always less acceptable than that of untreated fruits and worsened with increased periods of immersion and refrigeration. Trials of Haden mangos immersed for 45 minutes at 49° C and refrigerated for 3 or 16 days produced a higher percentage of acceptable fruits than 45 minute immersions at 46° C and stored for 3 days, and a percentage equal to that of similarly treated fruits stored 16 days. It is worth noting that Keith mangos used in tests at 49°C and 52° C were heavily infested with Anastrepha obliqua and contained larvae in advanced instars, which influenced the results of the experiments since damaged parts of the mango were more prone to scalding.

To evaluate the tolerance of papayas to hot water, a special treatment (not found in Tables 13 and 14) was conducted as follows: single immersion in hot water at 47°C or 49° C for a period of 40 minutes, followed by storage at 7°C for either 3 or 16 days, and double immersion, first for 30 minutes at 42°C, and second for 20 minutes at 39°C, with a storage period of 3 or 16 days at room temperature (23°C) or at 10° C. These trials, however, were not concluded because of a fungus and Drosophila sp. infestation which hastened rotting of fruit. Furthermore, ripening was severely retarded, probably by the excessively low refrigeration temperature.

For the three subsequent tests, treated and untreated fruits were submerged in a fungicide for one minute, the storage chamber was treated to control Drosophila and fungus, and cardboard PINDECO packing crates were used to store the fruits instead of the pupa collecting boxes. The results of these tests can be seen in Tables 13 and 14.

Table 13 indicates that in all these trials, the ripening time for treated and untreated Sunrise papayas was longer (from 1 to 4.5 days for treated fruits and 0.5 to 3 days for untreated fruits) for fruits refrigerated for 3 days than for fruits which were not refrigerated. Similar results were obtained for treated fruits as opposed to untreated fruits (1.5 to 4 days). However, treated fruits experienced retarded ripening, which was more noticeable in fruits stored for 16 days, some of which did not ripen at all.

Results obtained with Kapoho papayas were different. Papayas that were not treated or refrigerated had longer ripening periods (1.5 to 2 days) than papayas refrigerated for 3 days, but shorter periods than papayas refrigerated for 16 days (0.5 to 2 days). Treated papayas used in tests one and three behaved similarly to Sunrise papayas (longer ripening periods as a result of lengthier cold storage). The ripening process was

somewhat retarded in fruits refrigerated for 3 days and noticeably or completely retarded in those refrigerated for 16 days. In contrast to this, fruits refrigerated for 3 days in the second test ripened one day earlier than fruits which were not refrigerated. Fruits stored for 16 days did not ripen at all.

Untreated Sunrise papayas, stored at room temperature or refrigerated for 3 days and used in tests one and three, did not show signs of spoilage. The same was true for papayas refrigerated for 16 days in test 3. All treated papayas used in test one showed signs of spoilage and skin blemishes. In test three, only refrigerated papayas showed signs of spoilage, and in test two, spoilage was found only in papayas refrigerated for 16 days. Spoilage began earlier in papayas refrigerated for longer periods.

Untreated Kapoho papayas showed signs of spoilage in all cases except when stored at room temperature in test one. All treated papayas showed damage and spoilage except those stored at room temperature in test three. Signs of spoilage appeared earlier in papayas refrigerated for long periods of time and earlier in treated than untreated papayas.

Refrigeration affected the color of ripeness in papayas from both cultivars in all tests, the same was true for untreated papayas refrigerated for 16 days.

The number of acceptable treated or untreated papayas decreased with lengthier refrigeration (with the exception of the untreated Kapoho papayas in test two). The number of acceptable fruits was always fewer for treated than for untreated fruits with equal cold storage times. Exceptions were Sunrise papayas stored at room temperature in tests two and three and Kapoho papayas in test two.

Discussion and conclusions

There was no evidence of natural Medfly infestation in any of the Haden or Keith mango lots received at the laboratory between May and August of 1985. Producers from the area where the mangos were grown corroborated that Medflies were not a threat to mangos in their area. The Anastrepha obliqua (Macquart) was found in some of the samples. Papayas received at the laboratory between September and December were also free of natural infestations by Medfly or Anastrepha sp. The results obtained herein are indicative but not conclusive, since doubts are still present as regards the seasonality or even absence of prepared or obligatory host fruits for the fly.

Even though mangos and papayas in Costa Rica are not usually hosts to the Medfly, Haden and Keith mangos and Kapoho Solo and Sunrise Solo papayas did become infested in the laboratory. The results point to quantitative differences in the degree of infestation experienced by fruits at different stages of ripeness, and different cultivars or varieties. As expected, the experiments indicated that there is little probability of infestation in papayas within 12 hours of harvest, because of levels of benzyl isothiocyanate present in the fruit (Seo and Tang 1983), which tend to decrease in the hours following harvest and as the fruit ripens.

As indicated earlier, these results should be interpreted as a first step towards finding the best combination of time and temperature to produce the highest larvae mortality rate, the lowest phytotoxic effect, and the best quality fruit. These experiments could result in a practical post-harvest treatment that could be used in treating mangos as an alternative to the use of EDB.

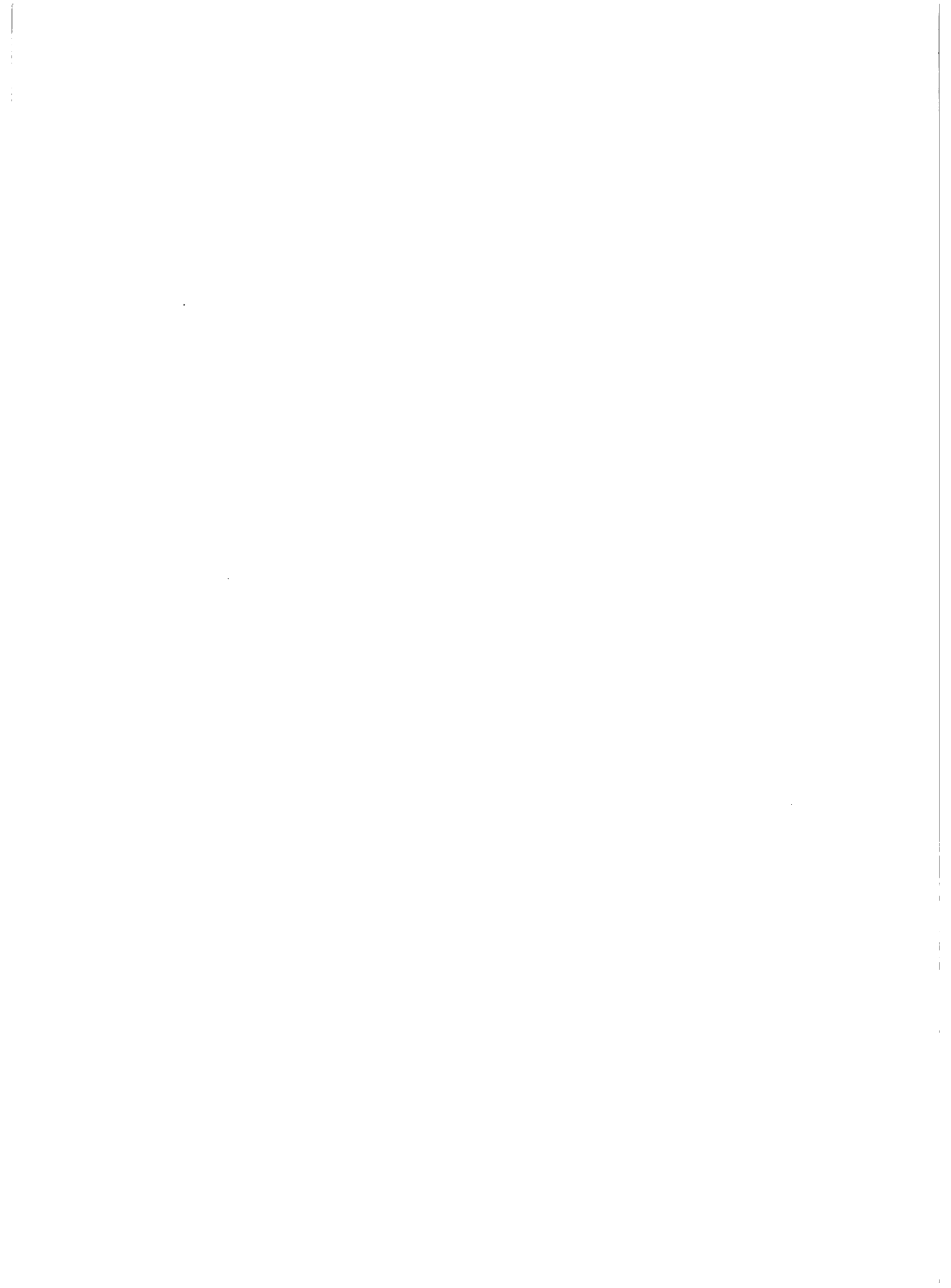
Medfly eggs and larvae 1 to 3 days old in Kapoho Solo and Sunrise Solo papayas were eliminated almost totally in papayas preconditioned with water immersion at 42°C for 30 minutes, followed by immersion at 49° C for 20 or 30 minutes. The same results were obtained with Kapoho Solo papayas immersed for 30 minutes at 49° C, while Sunrise Solo papayas given this treatment showed a survival rate of 207.15 per 100,000 in two of six replications.

The tolerance of papayas to this treatment makes it potentially acceptable as a practical quarantine treatment, although the optimum time of post-treatment storage have yet to be determined. Generally, untreated fruits were in better condition than treated fruit, and the experiments indicated that refrigeration at 10°C had a negative effect on quality. It seems reasonable to assume that higher refrigeration temperatures can optimize the benefits of the treatments for fruit quality.

Medfly larvae up to the 2nd instar were eliminated in Haden and Keith mangos exposed to phosphine for periods of 48 or 36 hours at room temperature and normal humidity, using the PH₃ generator FUMI-CELL3. Anastrepha obliqua larvae were also destroyed in Keith mangos exposed for 36 hours. The findings of these experiments are preliminary and do not allow for firm conclusions, and should serve only to indicate time and concentration ranges, and conditions for future tests.

Contradictory results were obtained in PH₃ fumigation tests using Kapoho Solo and Sunrise Solo papayas. One of the tests gave a mortality rate of 100 percent. The replication of the experiment, however, with variations in the post infestation time and the use of a fan in the fumigation chamber, resulted in a 97.8 percent mortality rate for Sunrise and 99.5 percent for Kapoho papayas.

These results in mangos, like similar findings described in the literature cited in the bibliography (Seo et. al. 1979), suggest that phosphine treatment should be researched further, especially when used in conjunction with hot water immersion. It should be possible to find a combination which will minimize the practical drawbacks of PH₃ exposure time and handling costs. The prohibition and uncertain future of Ethylene Dibromide leave little room for other alternatives.



P H A S E I I

May - December, 1986

Introduction

This time, three more varieties of mangoes were included, and emphasis was placed on those treatments which, based on the results reported, showed the greatest probability of success. In addition, further tests were run to gain information not obtained previously (as in the case of double immersion in mangoes). We concentrated on single dip immersions of mangoes in 46°C water for between 50 and 65 minutes, in order to perform enough treatments to reach Probit 9. This was not possible, however, because by the time testing was resumed in June, the mango harvest season was almost over.

In an effort to gather information on the effect of treatment on the survival rate of Anastrepha obliqua (Macquart) it was necessary to use field-infested fruit. The infestation index of such fruit is very low, and it was, therefore, necessary to reat a considerable number of fruits to reach Probit 9.

The treatments tested on papaya were: single dip immersion in 49°C water for 30 minutes, and double dip immersion for 30 minutes at 42°C and for 20 minutes at 49°C. There was no problem in obtaining papayas, and enough treatments could be conducted for each the levels required for Probit 9.

Tests were run to evaluate the tolerance of papayas and mangoes to treatment, and plans existed for experimenting with hydrogen phosphine (phosphine or phosphamine) treatments. A 1m³ fumigation chamber was built for this purpose, but, due to circumstances beyond our control, the phosphine generator was not available until early December. In light of this situation, beyond testing the chamber (which worked perfectly), no fumigations were done.

Materials and methods

Tests were conducted with Haden, Tommy Atkins, Keith, Mora Smith and mangoes and with Kapoho Solo and Sunrise Solo papayas. The former were harvested when mature green, directly from the farms identified in Phase I. The latter were provided by PINDECO, from their daily harvest in the farm El Volcán, located in Buenos Aires de Osa.

The procedures in handling, infesting, treating, storing and incubating the fruit and recovering the pupae were the same used in the Phase II, and also the materials and instruments used, except that this time, besides submersible thermometers, thermocouples (Omega Microprocessor Controlled Temperature Indicator Model 650 and RTP Probe Model HYP2) were used to control water temperature.

Tests were done with field-infested mangoes with Anastrepha obliqua (Macquart). Of these, some lots were also infested with Ceratitidis for 22 hrs. and store for 24 to 48 hrs. before treatment. Those not exposed to Ceratitidis were stored for 48 hrs.-before treatment.

Tests on mangoes were:

1. Single immersion in hot water: Anastrepha and Medfly infested Keith, Tommy Atkins and Smith mangoes were submerged in 46°C water for 55, 60 or 65 minutes. Two tests were done with the first two varieties.

Anastrepha infected Tommy Atkins, Mora and Smith were given the same treatment during 60 or 65 minutes for Mora, and during 55, 60 or 65 for the other two.

Anastrepha-free, but Medfly-infested, Haden, Tommy Atkins and Smith were submerged for 55, 60 or 65 minutes.

2. Effect of size of fruit: The results reported in Phase I do not show any effect of size on infestation and the survival of larvae for the sizes tested. This time tests were done with anastrepha and Medfly-infested Tommy Atkins or Smith mangoes, with a difference in size of 350 grs. or more, submerged in 46°C water for 55 or 65 minutes.
3. Heat absorption: Temperature underneath the skin and at ca. 0.5 cm. above the seed was periodically measured in samples of three of each large and small size uninfested mangoes of each variety while submerged in 46° C water. The immersion was continued until both temperatures removed from the became the same in the small size fruit. However, the Keith were water after 65 minutes, and temperature measurements were taken while they were cooling off at room temperature (24°C), until the temperatures under the skin reached 24°C.
4. Double Immersion: Anastrepha and Medfly infested Keith and Tommy Atkins were submerged in 42°C water for 30 minutes; then, within the following minute, in 49°C water for 20 minutes.
5. Tolerance to hot water: First quality uninfested mangoes (however, 7 Tommy Atkins and 2 Keith turned out to have one Anastrepha larva each) of the five varieties were used in the tolerance tests to 46°C water during 65 minutes. The procedure was the same as in Phase I, but this time half of the sample was not treated and a third of the untreated and of the treated were stored at room temperature (23° C). After treatment, they were packed in cardboard boxes and stored.

Test on papayas were:

1. Simple immersion: In 49°C water for 30 minutes. Two tests with Kapoho and four with Sunrise were done.
2. Double Immersion: The first in 42°C water for 30 minutes. Then, within the following minute, in 49°C water for 20 minutes. Eight tests were carried out with each cultivar.
3. Heat absorption: Temperature underneath the skin and at ca. 3 cm. within the pulp was measured every 15 minutes. Three of each small, medium, and large uninfested Kapoho papaya were used while doing the double immersions.

4. Tolerance to hot water: Assessment of the effect of single or double immersion on papaya quality were carried out in 180 fruit of each cultivar, in each test. Half were treated and half were submerged in 27 water. Half of the treated and half of the untreated papays were submerged in a fungicide bath. A third of each of the four groups were stored room temperature, another third at 12° - 13°C for 3 days, and the other third for 16 days at the same temperature. When the refrigeration period was concluded, observations were made as to firmness and damage due to scalding. The fruit were then stored at 22-23° C until ripe. During this period, sprilage, skin damage, color, ripeness, and acceptable fruits were monitored. Before storing, the fruit were packed in commercial boxes.

These tests were conducted in the PINDECO instalations at El Volcán. The post treatment observations were taken by the quality control personnel of that company in Buenos Aires de Osa.

Results and discussion

Mangoes

Single dip treatment:

The survival of Ceratits capitata (Wiedemann) and of Anastrepha obliqua (Macquart) in 5 varieties of mangoes submerged in 46° C water for three different periods is shown in Table 15. No Medfly survive on fruit submerged during 60 or 65 minutes; 65 minutes were necessary to kill all the Anastrepha.

The population levels on Anastrepha was low because field-infested mangoes were used (which commonly show a low infestation index), whereas the infestation with Medfly was induced in the laboratory. The expected mortality of Medfly for the total of survivors in all varieties is 99.9976%, which agrees with the generally accepted standard for an effective quarantine treatment of a mortality probability of (q) of 0.99997 (Probit 9 Baker 1939) with a confidence limit of 95% (in the present case, the upper confidence limit is 3.7). As for Anastrepha, more treatments are needed to reach that standard. In fact, more treatments are needed for each variety, with both flies.

The conditions that may account for the fact that a longer period of immersion is required to kill Anastrepha larvae in mangoes submerged in 46°C water are: first, that infestation in the field takes place when the fruit is still green and when harvested, (mature green) the larva is deep inside the pulp; second, that it takes longer to heat up the inside of the fruit; third, that in the tests made, treatment was not done until 2 or 7 days after harvest. Therefore, in most cases, there were mature or even pre-pupal stage larvae present.

In the case of Medfly, infestation was induced when the fruit was mature green (Firmness 5) or turning color (Firmness 4-3) and treated 5 or 6 days after harvest. Under such conditions larvae were still at the upper part of the pulp and no more than 3 or 6 days old.

Effect of fruit size:

Because of the pattern of heat absorption by mangoes of different sizes and the tendency to a greater infestation index in larger fruits (Table 16), it is expected that the size have an effect on the survival of larvae. At 46° C temperature, and periods of immersion (60 or 65 minutes), this effect was not evident.

Double dip treatment:

As shown in Table 17, submersion in 42° C water for 30 minutes and then, within the following minute, in 49° C water for 20 minutes, produced no satisfactory results for the control of either Medfly or Anastrepha in mangoes.

Tolerance to hot water treatments:

Tolerance of 4 varieties of mangoes to submersion in 46° C water for 65 minutes, is shown on Table 18. Treated fruit showed less damage due to fungus than untreated, and such effect decreases with increasing storage time at ca. 13° C. Injury due to hot water appeared only among Anastrepha-infested fruit.

The % of acceptable fruit was higher in treated mangoes for the three conditions of storage. Such % decreased with increasing time of storage in both treated and untreated.

In general, the better the quality of the fruit to be treated, the better they withstand the treatment and the higher the % of acceptable fruit after treatment.

Papaya

Single dip treatment:

Submersion of Medfly infested Kapoho Solo and Sunrise Solo papayas in 49° C water for 30 minutes (Table 19) proved to be unsatisfactory to control Medfly.

Double dip treatments:

Table 19 shows the results of the double dip treatments given to Medfly infested papayas of both cultivars. For Kapoho there were no survivors. The expected mortality was 99.9976%; with a 95% upper confidence limit of 3.7. In Sunrise there were 4 survivors from an estimated population of 228.486 larvae with a mortality of 99.9982%. The 95% upper confidence limit is 10.2. Therefore, in both cases the treatment provides Probit 9 security.

P H A S E I I I

January - August, 1987

Introduction

Based on the results of previous experiments obtained in Haiti and Mexico and provided by Dr. Milton Ouye of the ARS, along with his suggestions for the next tests, all efforts were concentrated on hot water immersion treatments. Size 8 (number of fruit fitting in a 10-pound box) HADEN, TOMMY ATKINS, KEITH and IRWIN mangos and size 9 Haden mangos, infested in the laboratory with Ceratitidis capitata (Wiedemann) and in the field with Anastrepha obliqua (Macquart) were immersed in hot water at 46.1-46.7°C (115-116°F) for periods of 40 to 90 minutes. Heat-transfer evaluation was conducted with size 8, 10 and 12 Haden mangos; size 6 and 10 Keitt and size 6 and 10 Tommy Atkins. Resistance to hot water of Ceratitidis capitata and Anastrepha obliqua larvae in 3rd instar was also tested. Furthermore, in order to give continuity to earlier tests, Tommy Atkins, Keith and Haden mangos were treated until an estimated 100,000 larvae were eliminated.

Methods

The procedures, methods and materials were the same as those used and described earlier, but this time the fruit was exposed to the Mediterranean fruit (Medfly) for 24 hours or less, and incubated for eight days before treatment. (The only exceptions were the size 9 Haden, and the Tommy Atkins and Haden mangos used in corroboration tests. These were exposed for 48 hours and incubated for 72 hours). For each timed exposure, a different control sample was chosen at random from the batch of infested fruit.

To evaluate heat transfer, the temperature was taken directly above the seed. A hypodermic needle with thermocouples was introduced on one side of the submerged mango (in an area previously marked by a circle approximately 1 cm. in diameter). The needle was inserted as far as the seed, and then withdrawn approximately 1 mm. The mangos were numbered and their temperatures taken when the time was up, always in the same order.

Ceratitidis capitata larvae in the 3rd instar (one day before pupating) were used to evaluate hot water tolerance. For each exposure time, 25 larvae were placed in small fine-mesh bags. They were submerged 15 cm. under water in the treatment tank, set at 46.1-46.6°C. After the predetermined immersion period, they were removed from the tank, and the larvae were placed in Petri dishes. After 24 hours, the dead larvae and malformed pupas were separated from the rest; most of which were pupas. The number of pupas that emerged were counted and recorded. During the first test, periods from three to 10 minutes were used. The interval registering the highest mortality was recorded and then larvae were treated for four to six and a half minutes in increments of 30 seconds. Four replications were made.

In the Anastrepha obliqua case, the larvae that abandoned the infested mangos brought in from the field were collected. The same procedure was followed. Two replications were made.

Results and discussions

Table 20 displays the total of a series of immersion treatments in water at 46.1-46.6°C for 55, 60 or 65 minutes on Tommy Atkins, Keith and Haden mangos. The results obtained here were added to those reported in the Phase II. It is

important to emphasize that the size of the fruits treated was not uniform, that the fruit was exposed to the Medflies for 48 hours, and then incubated for 72 hours before treatment.

No Medfly or Anastrepha pupas in the three varieties of mango survived submersion for 65 minutes. The estimated population of Medfly larvae treated in both Tommy Atkins and Haden mangos was more than 100,000 and the estimated mortality rate was 99.9970 and 99.9972 respectively. This figure is within the generally accepted norm of probable mortality (q) 0.999968 for effective quarantine treatment.

It should be noted that this treatment was applied to mangos that varied considerably in size. (The Haden variety ranged from 290 to 812 grams, with means from the different batches that varied from 386 to 618 grams. The Tommy variety ranged from 380 to 816 grams in weight, with means that varied from 475 to 697 grams).

Ceratitis capitata larvae were treated three to four days after they emerged, while the Anastrepha larvae were used either when they were mature, or when they were in the prepupa stage, for reasons explained in the Phase II. The size of the fruit determines the patterns of heat transfer, the age of the larvae determines their location in the mango, and their tolerance for hot water can vary with their age. Under the conditions of these tests, there was no control over these factors.

In an effort to control these factors, a series of tests was conducted on mangos of the same size, with the same incubation period: eight days. This included the infestation periods, which was 48 hours in one case and 24 hours or less in all the rest.

As the results in Tables 21 to 25 indicate, pupas in both species of mango only survived when the fruits were treated for 60 minutes or less.

It can be deduced from Table 26 and Fig. 1 that the patterns of heat transfer depends mainly on the size of the fruit, because the variation between varieties is not significant. However, the initial temperature of the fruit will influence the pattern of heat transfer during the first 30 to 40 minutes.

Anastrepha obliqua seems to be more hot water tolerant according to the results shown in Tables 27 and 28.

A N E X O S
A P P E N D I C E S

T A B L A S

T A B L E S



TABLA N° 1 PUPAS DE MOSCAMED (*Ceratitidis capitata* (Wiedemann)) OBTENIDAS DE MANGOS KEITH Y HADEN DE DISTINTOS GRADOS DE MADUREZ INFESTADOS EN EL LABORATORIO DURANTE 72 HORAS.

CULTIVAR	GRADO DE MADUREZ 1/	N° DE MANGOS	PESO (kg)	MANGOS INFESTADOS Número	PESO (kg)	N° DE PUPAS 2/	RANGO PUPAS/FRUTA	PUPAS/kg FRUTAS INFEST.
KEITH	5	12	7 160	9	5 108	174a	0-65	34.1
	4	12	6 496	11	5 985	2 432c	0-729	405.3
	3	12	5 556	9	3 775	1 267b	0-486	335.6
	2	12	6 154	11	5 674	2 061c	0-625	363.2
	1	12	5 191	8	3 717	1 009b	0-250	271.5
HADEN	5	12	6 854	10	5 641	225a	0-63	39.9
	4	12	5 558	12		6 566c	123-875	1 181.4
	3	12	7 147	12		4 400c	7-672	615.6
	2	12	5 906	12		4 714c	105-1 082	798.2
	1	12	5 764	12		2 001b	4-716	347.2

1/ Se determinó según "USDA Inspector Instruction": Firmeza 1: pasado de maduro (cede mucho ante una presión moderada). Firmeza 2: maduro óptimo para el consumo (cede ante una presión moderada). Firmeza 3: maduro duro (cede poco ante una presión moderada). Firmeza 4: pintón (cede muy poco ante una presión moderada). Firmeza 5: verde sazón, duro (no cede ante una presión moderada).

2/ Diferentes letras en la misma columna significa que la diferencia entre los totales, para cada variedad son significativas por ANOVA con P%2.87.

TABLA N°2 PUPAS DE MOSCAMED (*Ceratitidis capitata* (Wiedemann) OBTENIDAS DE PAPAYAS DE LOS CULTIVARES KAPOHO SOLO Y SUNRISE SOLO DE DISTINTOS GRADOS DE MADUREZ, INFESTADAS EN EL LABORATORIO DURANTE 24 HORAS.

CULTIVAR	GRADO DE MADUREZ 1/	N° DE PAPAYAS	PESO (kg)	PAPAYAS INFESTADAS Número	PESO (kg)	N° DE PUPAS 2/	RANGO PUPAS/FRUTAS	PUPAS/kg FRUTAS INFEST.
KAPOHO	0-1	10	4 317	8	3 430	365a	0-198	106.4
	2	10	4 142	10		1 153a	1-1 440	278.4
	3	10	3 969	10		1 326a	15-349	334.1
	4	10	4 035	10		9 931c	104-1 823	2 461.2
	5	8	3 522	8		4 849b	52-916	1 376.8
	6	8	3 280	8		3 611b	87-1 030	1 100.9
SUNRISE	0-1	10	5 119	2	1 037	196a	0-137	189.9
	2	10	4 434	9	4 023	2 390b	0-964	594.1
	3	10	5 158	10		6 543c	94-1 348	1 268.5
	4	10	4 768	10		5 835c	83-1 158	1 223.8
	5	9	3 157	9		6 269c	676-1 175	1 985.7
	6	9	3 865	9		7 035c	670-1 203	1 820.2

1/ Se adoptó la gradación seguida por PINDECO: 0-1 verde sazón (grado de madurez de cosecha); 2:1/4 maduro; 3:1/2 maduro; 4:3/4 maduro; 5: 7/8 maduro; 6: maduro (Lámina N°IV).

2/ Diferentes letras en la misma columna significa que las diferencias entre los totales, para cada variedad son significativas por ANOVA con P%2.87.

TABLA N°3 PUPAS DE MOSCAMEL (*Ceratitis capitata* (Wiedemann) OBTENIDAS DE MANGOS KEITH TRATADOS CON AGUA CALIENTE, DESPUES DE HABERLOS INFESTADO EN EL LABORATORIO Y ALMACENADO A 23°C POR 24 O 72 HORAS.

TRATAMIENTO	TRATADOS: Tiempos de inmersión en minutos										NO TRATADOS	
	Tamaño	N°de Mangos	N°de PUPAS	N°de Mangos	N°de PUPAS	N°de Mangos	N°de PUPAS	N°de Mangos	N°de PUPAS	Tamaño	-X + se gr.	N°de Mangos
43/72	612+7 408+6	15 15	633 1 288	15 15	1 439	15 15	271 121	15 15	602+18 404+13	15 15	3 1	519 760
46/72	608+10 404+6 559+6 441+5	15 15 13 13	5 0 627 150	15 15 13 13	0 0 0 0	15 15 13 13	0 0 13 13	0 0 13 13	602+18 404+13 559+6 441+5	15 15 13 13	3 1 1 1	519 760 369 813
46/24	632+6a 387+4a					9a 10a	0(0c) 0(0c)	632+6a 387+4a		9a 10a		606(69c) 242(107c)
49/72	600+9 406+6 559+6 441+5	15 15	0 0	15 15 15 15	0 0 0 0	15 15 15 15	0 0 0 0	0 0 0 0	602+18 404+13 559+6 441+5	15 15 13 13	3 1 1 1	519 760 369 813
49/24	632+6a 387+4a 627+9 391+5	9a 10a	18(0c) 13(1c)	9a 10a	0(0c) 0(0c)	14 14	9 9	0 0 14 15	632+6a 387+4a 627+9 391+5	9a 10a 15 15	606(69c) 241(107c)	
52/72	566+9 453+5	6 6	0 0	7 7	0 0	8 7	0 0	0 0	566+9 453+5	7 7	85 50	
52/24	632+6a 387+4a	9a 10a	0(0c) 0(0c)	9a 10a	0(0c) 0(0c)	14 14	9 9	0 0	632+6a 387+4a	9a 10a	606(60c) 242(107c)	

a. Mangos naturalmente infestados por Anastrepha obliqua (Maquart).
 b. Por un error durante la manipulación para el tratamiento este grupo no se sumergio por el tiempo programado, en consecuencia se elimino del registro.
 c. Pupas de Anastrepha obliqua (Maquart).

TABLA N° 4 PUPAS DE MOSCAMED (Ceratitis capitata (Wiedemann) OBTENIDAS DE MANGOS KEITH TRATADOS
 CON AGUA CALIENTE, DESPUES DE HABERLOS INFESTADO EN EL LABORATORIO Y ALMACENADO A 23°C
 POR 24 O 72 HORAS.

TRATADOS	TRATADOS: Tiempos de inmersión en minutos						NO TRATADOS	
	Tamaño	35	45	55	65	Tamaño	X + se	N°de Mangos Pupas
Temperatura del agua °C/horas almacenados								
	X + se gr.	N°de Mangos Pupas	N°de Mangos Pupas	N°de Mangos Pupas	N°de Mangos Pupas	X + se gr.	N°de Mangos Pupas	N°de Mangos Pupas
43/72	592+5 464+4	15 15	163 885	15 15	137 1 574	15 15	98 499	592+5 464+4
46/72	593+6 408+5	14 14	200 165	13 14	44a 515a	14 15	0 1	593+6 408+5
	671+5 501+3	12 12	5 2	12 12	0 0	12 12	0 0	671+5 501+3
49/72	597+5 458+3	14 15	0 0	13 14	0 0	15 14	0 0	597+5 458+3
	671+5 501+3	12 12	0 0	12 12	0 0	12 12	0 0	671+5 501+3
49/24	733+7 533+7	16 15	2 0					733+7 533+7
52/72	573+9 486+5	9 8	0 0	9 9	0 0	8 8	0 0	573+9 486+5
	671+5 501+3	12 12	0 0	12 12	0 0	12 12	0 0	671+5 501+3
52/24	733+7 533+7	14 15	0 0					733+7 533+7

a) Hay indicios, aunque no concluyentes, de que los grupos de mangos de este tratamiento en particular, no se sumergieron por el tiempo previsto.

SUNRISE SOLO TRATADAS CON AGUA CALIENTE, DESPUES DE HABERLAS INFESTADO EN EL LABORATORIO Y ALMACENADO A 23°C POR 24 O 48 HORAS.

TRATAMIENTO	N° de Papayas	N° de Repls.	Peso kgr.	N° de infest.	Peso Infest.	Almac. horas	N° de Pupas	Poblac. estimada	Sobrev. 5 por 10 ⁵
Doble inmersión									
1a°C/min 2a°C/min									
Control	22		11 546	22			17 891		1 00000
Tratadas	80	8	41 016			24	245a	63 556	0 00386
Control	11		4 261	11			9 247		1 00000
Tratadas	40	4	16 482			24	0	35 770	0 00000
Control	22		11 381	21	10 845		15 798		1 00000
Tratadas	80	8	42 053			48	3	61 225	0 00005

Control	11		4 428	11			5 656		1 00000
Tratadas	90	9	35 844			24	0	45 785	0 00000
Control	10		4 962	7	3 479		4 866		1 00000
Tratadas	90	9	43 047			48	0	60 208	0 00000

Control	12		6 513	12			6 314		1 00000
Tratadas	40	4	21 197			24	0	20 550	0 00000
Control	12		5 041	10	4 282		3 799		1 00000
Tratadas	40	4	19 459			48	0	17 264	0 00000
Control	14		6 500	14			6 567		1 00000
Tratadas	60	6	19 930			48	1	30 237	0 00003

Una sola inmersión									
°C/min.									
Control	11		4 261	11			9 247		1 00000
Tratadas	30	3	12 898			24	0	28 991	0 00000
Control	10		4 764	10			6 499		1 00000
Tratadas	60	6	25 832			48	73a	35 240	0 00208

Control	11		4 261	11			9 247		1 00000
Tratadas	30	3	12 221			24	220	26 522	0 00830

TABLA N°6 SOBREVIVENCIA DE MOSCAMED (*Ceratitis capitata* (Wiedemann) EN PAPAYAS DEL CULTIVAR
 KAPOHO SOLO TRATADAS CON AGUA CALIENTE, DESPUES DE HABERLAS INFESTADO EN EL LABO-
 RATORIO Y ALMACENADAS A 23°C POR 24 O 48 HORAS.

Tratamiento	N° de Frutas	N° de Repls.	Peso kgrs.	N° de f. Infest.	Peso Infest.	Almac. Horas	N° de Pupas	Poblac. estim.	Sobrev. por 10 ⁵
Doble inmersión									
1a °C/min. 2a °C/min.									
42/40	Control	19	7 692	16	6 660	24	5 486	26 377	1 00000
49/20	Tratadas	80	32 022				0		0 00000
	Control	15	6 361	14	6 036	48	5 437	27 368	1 00000
	Tratadas	80	30 157				4		0 00015
42/30	Control	11	4 081	8	2 759	24	4 125	46 742	1 00000
49/30	Tratadas	89	31 255				0		0 00000
	Control	13	4 577	10	3 578	48	4 226	32 982	1 00000
	Tratadas	81	27 924				0		0 00000
42/30	Control	15	5 402	15		24	9 617	39 020	1 00000
49/20	Tratadas	56	21 918				0		0 00000
	Control	8	2 999	8		48	3 264	24 740	1 00000
	Tratadas	56	22 731				0		0 00000
	Control	15	5 577	15		48	5 722	22 457	1 00000
	Tratadas	60	21 888				0		0 00000
Una sola inmersión									
°C/min.									
49/30	Control	15	5 402	15		24	9 617	21 296	1 00000
	Tratadas	30	11 962				0		0 00000
	Control	12	4 323	12		48	3 905	19 825	1 00000
	Tratadas	60	21 948				0		0 00000
49/20	Control	15	5 402	15		24	9 617	20 267	1 00000
	Tratadas	30	11 384				503		0 02482

TABLA N°7 PUPAS DE MOSCAMED (Ceratitis Capitata (Wiedemann) OBTENIDAS DE MANGOS KEITH Y HADEN FUMIGADOS CON FOSFINA, DESPUES DE HABERLOS INFESTADO EN EL LABORATORIO Y ALMACENADOS DURANTE 16 O 72 HORAS A 23°C.

VARIEDAD	NO TRATADOS				TRATADOS			
	N° de mangos	Peso (kg)	N° de pupas	Tiempo Exp horas	N° de Mangos	Peso (kg)	N° de pupas	
HADEN	10a	5 54	1 422	48	10a,d	5 52	0	
	24b	7 52	541	48	24b	7 47	0	
KEITH	10a	5 09	324	48	10a,d	4 98	0	
	14b,c	8 12	1 858	36	14b,c	7 92	1	
			79e				0e	

- a: Infestados durante 48 y almacenados por 16 horas.
- b: Infestados durante 72 y almacenados por 72 horas.
- c: Mangos naturalmente infestados con Anastrepha obliqua (Maguart).
- d: Después de fumigados adquirieron una coloración parduzca de intensidad irregular. Tal coloración no apareció en los controles.
- e: Pupas de Anastrepha obliqua (Maguart).

TABLA N°8 PUPAS DE MOSCAMED (*Ceratitis Capitata* (Wiedemann) OBTENIDAS DE PAPAYAS DE LOS CULTIVARES KAPOHO SOLO Y SUNRISE SOLO FUMIGADOS CON FOSFINA DURANTE 24 HORAS, DESPUES DE HABERLOS INFESTADO EN EL LABORATORIO Y ALMACENADOS A 23°C POR 24 O 48 HORAS.

CULTIVAR	N° de mangos	Peso (Kg)	N° de pupas	Período post-infest.	N° de papayas	N° de réplicas	Peso (kg)	N° de pupas
KAPOHO	11	4 532	4 017	24	40	3	16 325	0
	17	5 402	6 459	48	48	6	14 867	32
SUNRISE	11	4 783	4 177	24	36	3	16 146	0
	17	8 389	7 672	48	48	6	23 927	142

TABLA N°9 TOLERANCIA A LA INFESTACION POR MOSCAMEL (*Ceratitis capitata* (Wiedemann) DE PAPAYAS DE LOS CULTIVARES KAPOHO SOLO Y SUNRISE SOLO, SEGUN LAS HORAS DE COSECHADAS.

CULTIVAR	Cosechadas horas	Infestación horas	N° de papayas	Peso Kgrs.	Papayas infest.	Peso Kgrs.	N° de Pupas	Pupas/Kgrs. Frutas infestad.
KAPOHO	-de 1	6	7	2 472	0	-	0	0
	6a	-	-	-	-	-	-	-
	12	6	7	2 671	2	0 720	57	79,2
	18	6	7	3 009	4	1 777	176	99,0
	24	6	7	3 213	5	2 310	125	54,1
SUNRISE	-de 1	12	7	2 629	0	-	0	0
	6	12	7	2 424	0	-	0	0
	12	12	7	2 468	0	-	0	0
	18	12	7	3 029	3	1 280	66	51,6
	24	12	7	2 962	1	0 397	10	21,2
SUNRISE	-de 1	6	7	4 065	0	-	0	0
	6	6	7	3 424	0	-	0	0
	12	6	7	3 191	0	-	0	0
	18	6	7	3 248	2	0 893	19	21,3
	24	6	7	3 172	1	0 509	10	19,7
SUNRISE	-de 1	12	7	4 060	0	-	0	0
	6	12	7	3 620	0	-	0	0
	12	12	7	3 348	0	-	0	0
	18	12	7	3 520	2	1 019	11	10,8
	24	12	7	3 386	2	902	9	10,0

a. La mayoría de las moscas, en la jaula correspondiente, murieron, por lo que no se incluyó en el ensayo.

TABLA N°10 PUPAS DE (*Ceratitis Capitata* (Wiedemann), *Anastrepha* spp. Y OTRAS, OBTENIDAS DE MUESTRAS SEMANALES DE PAPAYAS KAPOHO SOLO COSECHADAS EN DIFERENTES GRADOS DE MADUREZ.

Grado de madurez al cosecharlas		Muestras de la semana N°:						
		1	2	3	4	5	6	7
Verde	N°de papayas	23	-	-	-	-	-	-
	peso kgrs.	1,70	-	-	-	-	-	-
	N°de pupas	C.c.	0	-	-	-	-	-
		A.spp.	0	-	-	-	-	-
		Otras	16a	-	-	-	-	-
0	N°de papayas	12	8	6	6	12	9	15
	Peso kgrs.	2,5	2,5	1,8	1,1	1,8	2,2	4,2
	N°de pupas	C.c.	0	0	0	0	0	0
		A.spp.	0	0	0	0	0	0
		Otras	0	0	0	0	9a	0
1	N°de papayas	7	2	8	6	5	5	5
	peso kgrs.	2,1	0,7	1,6	0,7	1,1	1,1	1,3
	N°de pupas	C.c.	0	0	0	0	0	0
		A.spp.	0	0	0	0	0	0
		Otras	0	1a	0	2b	0	0
2	N°de papayas	-	1	2	4	2	-	5
	peso kgrs.	-	0,1	0,5	0,3	0,20	-	1,3
	N°de pupas	C.c.	-	0	0	0	0	-
		A.spp.	-	0	0	0	-	0
		Otras	-	0	0	21c	0	0
3	N°de papayas	4	3	3	3	-	3	2
	peso kgrs.	1,5	0,7	0,6	0,6	-	0,4	0,5
	N°de pupas	C.c.	0	0	0	0	-	0
		A.spp.	0	0	0	0	-	0
		Otras	0	0	0	0	-	0
4	N°de papayas	-	5	2	-	-	3	2
	peso kgrs.	-	1,5	0,5	-	-	1,1	0,5
	N°de pupas	C.c.	-	0	0	-	-	0
		A.spp.	-	0	0	-	-	0
		Otras	-	0	0	-	-	0
5	N°de papayas	-	3	1	-	-	-	3
	peso kgrs.	-	1,1	0,2	-	-	-	0,6
	N°de pupas	C.c.	-	0	0	-	-	-
		A.spp.	-	0	0	-	-	0
		Otras	-	0	0	-	-	0
6	N°de papayas	-	-	-	-	-	1	-
	peso kgrs.	-	-	-	-	-	0,1	-
	N°de pupas	C.c.	-	-	-	-	0	-
		A.spp.	-	-	-	-	0	-
		Otras	-	-	-	-	0	-

C.c.: *Ceratitis Capitata*; A.spp; *Anastrepha* spp.
a: *Toxotrypana curvicauda*

b: *Euxesta* sp.
c: *Richardia* sp.

TABLA N° 11 TOLERANCIA DE MANGOS KEITH A TRATAMIENTOS CON AGUA CALIENTE, SEGUIDOS DE ALMACENAMIENTO A 13°C POR 3 O 16 DIAS, Y LUEGO MADURACION A 23°C.

NUMERO DE MANGOS <u>a/</u>	TEMPER. AGUA °C	TIEMPO ALMAC. (DIAS)	PERIODO INMERS. (MIN.)	TIEMPO MAD. (DIAS)	PUDRIC. <u>c/</u> %	DAÑO <u>d/</u> %	COLOR <u>e/</u> MAD. %	FRUTAS <u>f/</u> ACEP. %
32 b	27	3	65	14	66	0	94	34
15	46	3	45	14	33	0	93	47
15	46	3	55	14	27	0	87	73
15	46	3	65	14	27	0	93	73
32 b	27	16	65	6	62	0	83	38
15	46	16	45	6	47	0	87	53
15	46	16	55	6	33	0	93	67
15	46	16	65	6	27	0	100	67
30 b,i	27	3	65	10	67	0	100	33
12 i	49	3	45	7	0	50	100	50
12 i	49	3	55	7 g	0	83	58 h	17
12 i	52	3	45	7 g	0	67	33 h	33
12 i	52	3	55	5 g	0	83	- h	8
30 b,i	27	16	65	4	63	0	97	37
12 <u>i/</u>	49	16	45	4 g	0	83	17 h	17
12 <u>i/</u>	49	16	55	- g	0	100	- h	0
12 <u>i/</u>	52	16	45	- g	0	100	- h	0
12 <u>i/</u>	52	16	55	- g	0	100	- h	0

a/: Mangos sin infestar

b/: Control

c/: Mangos con antragnosis y/o pudrición del pedúnculo terminal severa o moderada o, una combinación de ambas en estado leve.

d/: Mangos con un daño moderado o severo debido al agua caliente

e/: Mangos con, por lo menos, el 75% de color de maduración (rojo y amarillo)

f/: Mangos maduros blandos se consideraron aceptables sí sólo presentaban un daño y pudrición leve, por lo menos el 75% del color de maduración y sin mal sabor

g/: Algunas frutas no maduraron del todo; aquellas que lo hicieron no alcanzaron la dulzura normal, por completo. La pulpa era de color amarillo pálido. Estos últimos, si firmes y si no mostraban ningún otro daño, se consideraron aceptables.

h/: Mangos muy decolorados, el rojo se tornó rosado y el verde, clorótico. La decoloración fue casi total en los mangos tratados con agua a 52°C por 55 minutos y parcial (no en todos los mangos), en los 45 minutos y en los de 49° por 55 y almacenados por 3 días a 13°C. En los de 16 días el daño es más notables y generalizado.

i/: Estos mangos estaban muy infestados por Anastrepha spp. Ello pudo haber influido

TABLA N°12 TOLERANCIA DE MANGOS HADEN A TRATAMIENTOS CON AGUA CALIENTE SEGUIDOS DE ALMACENAMIENTO A 13°C POR 8 O 16 DIAS Y LUEGO MADURACION A 23°C

Número de Mangos <u>a/</u>	Temperatura Agua °C	Período Almacen. (días)	Período Inmers. (días)	Período Madurac. (días)	Pudrición <u>c/</u> %	Daño <u>d/</u> %	Color <u>e/</u> %	Frutas Aceptab. %
32 b	27	3	65	10	67	0	100	33
12	46	3	45	10	58	0	100	42
12	46	3	55	10	33	0	100	67
12	46	3	65	10	25	0	100	75
32 b	27	16	65	3	67	0	100	33
12	46	16	45	3	50	0	100	50
12	46	16	55	3	50	0	100	50
12	46	16	65	3	42	0	100	58
24 b	27	3	65	10	62	0	100	38
12	49	3	45	10	9	33	100	58
12	49	3	55	9 g	0	67	100 h	33
12	49	3	65	7 g	0	83	100 h	17
12	52	3	45	9	0	67	100	33
12	52	3	55	7 g	0	92	100 h	8
12	52	3	65	- g	0	100	- h	0
24 b	27	16	65	4	58	0	100	42
12	49	16	45	3	8	42	100	50
12	49	16	55	3 g	0	75	100 h	25
12	49	16	65	2 g	0	83	100 h	17
12	52	16	45	3	0	75	100	25
12	52	16	55	2 g	0	100	100 h	0
12	52	16	65	- g	0	100	- h	0

a: Mangos sin infestar

b: Control

c: Mangos con antragnosis y/o pudrición del pedúnculo severa o moderada; o una combinación de ambos síntomas en forma leve.

d: Mangos con daño en la piel severo o moderado debido al agua caliente.

e: Frutas con, por lo menos, el 75% de color de maduración.

f: Mangos maduros blandos se consideraron aceptables si no presentaban más que un daño o pudrición leves y por lo menos el 75% de color de maduración y sin mal sabor.

g: Algunas frutas no maduraron del todo; aquellas que lo hicieron no alcanzaron la dulzura normal, por completo. La pulpa era de color amarillo pálido. Estos últimos, si firmes y si no mostraban ningún otro daño, se consideraron aceptables.

h: El color de la piel se tornó pardo oscuro, enmascarando el color de maduración, totalmente en los tratados a 52°C por 65 minutos y parcialmente, en el resto, menos en los de 49°C por 45 minutos. Los frutos con tal coloración no se consideraron aceptables.

N° de papayas Control Tratad.	Ensayo N° Tratamiento	Almacenamiento amb. (23°) o, a 10°C/días	Maduración a 23°C días	Pudrición 1/ %	Daño 2/ %	Color 3/ %	Aceptab. 4/ %
10		amb.	10	0	0	100	100
10		3	11	0	0	100	100
10	1°	16	12	10 h	0	77	90
30	Soble inmers.	amb.	12,5	10 f	10	100 j	80
30	1a 42°C x 30 m.	3	15 b	3 g	17	83 k	80
30	2a 49°C x 30 m.	16	13 b,c	70 h,i	23i	-k	7
10		amb.	11	0	0	100	100
10		3	11,5	0	0	100	100
10	2°	16	12,5	0	0	80	100
15	Soble inmers.	amb.	12	0	0	100 j	100
15	1a 42°C x 30 m.	3	13 b	0	7	93 k	93
17	2a 49°C x 20 m.	16	14 b,c	65 h,i	29 i	- k	6
10		amb.	7	0	0	100	100
10		3	10	0	0	100	100
10	3°	16	8	40 h	0	67	60
18	Una inmersión	amb.	10,5	0	0	100 j	100
18	49°C x 30 min.	3	15 b	28 g	16	70 k	56
18		16	- d	89 h,i	11 i	-	0

- 1/ Frutas con pudrición fungosa o del pedúnculo, moderada o severa.
 - 2/ Frutas con escaldamiento severo o moderado.
 - 3/ Frutas con por lo menos el 75% de la coloración de maduración.
 - 4/ Frutas con por lo menos el 75% de coloración de maduración, con daño o pudrición leves, sin mal sabor y la pulpa sin durezas.
- a. Promedio de las aceptables
 - b. La maduración se detuvo en algunos frutos
 - c. Solo para las aceptables
 - d. Se pudrieron antes de la maduración
 - e. La pudrición apareció entre los 10-11 días
 - f. Idem entre 8-9 días
 - g. Idem entre 6-7 días
 - h. Idem entre 3-4 días
 - i. Algunas, con la pulpa amarilla, dulce, pero con zonas duras
 - j. En general la coloración de las tratadas es amarillo parduzco con tonalidades rojizas.
 - k. La coloración de maduración está enmascarada por un color verde parduzco de intensidad variable.

TABLA N° 14 TOLERANCIA DE PAPAYAS KAPOHO SOLO A TRATAMIENTOS CON AGUA CALIENTE, SEGUIDOS DE ALMACENAMIENTO AL AMBIENTE (23°C) 0, A 10°C POR 3 O 16 DIAS Y LUEGO MADURACION A 23°C.

N° de papayas Control Tratad.	Ensayo N° Tratamiento	Almacenamiento	Maduración días a/	Pudrición 1/ %	Daño 2/ %	Color 3/ %	Aceptables 4/ %
10		amb.	11	0	0	100	100
10		3	10	10 f	0	100	90
10	1°	16	12	20 f	0	75	80
30	Doble inmers.	amb.	11	30 g	17	100 j	53
30	1° 42°C x 30 m.	3	12 b	57 g	10	60 k	33
30	2° 49°C x 30 m.	16	14 b,c	70 h,i	17 i	- k	13

10		amb.	12	30 e	0	100	70
10		3	10	30 f	0	100	70
10	2°	16	125	20 h	0	75	80
15	Doble inmers.	amb.	12	13 g	7	100 j	80
15	1 42°C x 30 m.	3	11 b	13 g	47 i	67 k	40
15	2 49°C x 30 m.	16	- d	80 h,i	20 i	-	0

10		amb.	6	10 g	0	100	90
10		3	5,5	10 h	0	100	90
10	3°	16	8	80 h	0	50	13
16	Una inmersión	amb.	7,5	25 g	0	100 j	75
16	a 49° x 30 m.	3	13 b	37 h,i	25 i	33 k	38
16		16	- d	37 h,i	63 i	-	0

- 1/ Frutas con pudrición fungosa o del pedúnculo, moderada o severa.
- 2/ Frutas con escaldamiento severo o moderado.
- 3/ Frutas con por lo menos el 75% de la coloración de maduración.
- 4/ Frutas con por lo menos el 75% de coloración de maduración, con daño o pudrición leves, sin mal sabor y la pulpa sin durezas.

- a. Promedio de las aceptables.
- b. La maduración se detuvo en algunos frutos.
- c. Solo para las aceptables.
- d. Se pudrieron antes de la maduración.
- e. La pudrición apareció entre los 10-11 días.
- f. Idem entre 8-9 días.
- g. Idem entre 6-7 días.
- h. Idem entre 3-4 días.
- i. Algunas, con la pulpa amarilla, dulce, pero con zonas duras.
- j. En general la coloración de las tratadas es amarillo parduzco con tonalidades rojizas.
- k. La coloración de maduración está enmascarada por un color verde parduzco de intensidad variable.

TABLE N°15

Survival of Ceratitidis capitata (Wiedemann) and/or Anastrepha obliqua (Macquart) from mangoes after submerged in 46°C water for 55, 60 or 65 minutes.

Variety Inmers. min.	N° of fruit ^a	Fruit weight ^a kg.	N° of pupae		Estimated Population	
			Cer.	Ana.	Cer.	Ana.
<u>Keitt</u> (2 replications) ^b						
Control	19	10	1 794	199		
55	124	69	2	9	12 034	1 353
60	125	66	0	1	11 732	1 442
65	120	63	0	0	11 060	1 287
<u>Tommy Atkins</u> (4 replications) ^c						
Control	45	25	7 635	423		
55	237	129	28	14	36 679	2 617
60	238	130	0	5	38 517	2 678
65	237	131	0	0	37 367	2 641
<u>Haden</u> (4 replications) ^d						
Control	49	24	10 546			
55	290	146	47		61 159	
60	288	144	0		60 493	
65	290	145	0		61 500	
<u>Smith</u> (3 replications) ^e						
Control	41	25	2 799	936		
55	186	166	4	375	15 913	3 652
60	185	115	0	14	15 405	3 731
65	186	122	0	0	16 464	3 865
<u>Mora</u> (3 replications) ^f						
Control	48	19		1 240		
60	185	70		20		4 335
65	240	89		0		6 391
Total						
Control	202	102	22 774	2 798		
55	837	459	81	398	125 785	7 622
60	1 021	525	0	40	126 147	12 186
65	1 073	550	0	0	126 391	14 184

- a. For control the infested fruit only.
- b. Field infested with *Anastrepha* and lab. infested with *Ceratitidis*.
- c. One *Anastrepha* free and lab. infested with *Ceratitidis*; one field infested only; and two field infested with *Anastrepha* and lab. infested with *Ceratitidis*.
- d. *Anastrepha* free and laboratory infested with *Ceratitidis*.
- e. One *Anastrepha* free and lab. infested with *Ceratitidis*; one field infested only; and one field infested with *Anastrepha* and lab. infested with *Ceratitidis*.
- f. Field infested with *Anastrepha* only.

TABLE N°16

Effect of TOMMY ATKINS and KEITH mango (1) size on the number of recovered pupae of Ceratitidis capitata (Wiedemann) and of Anastrepha obliqua (Macquart).

T R E A T E D U N T R E A T E D

Variety	Size (X - SEgr)	T R E A T E D		U N T R E A T E D		46°C for 65 min. N° of fruit	N° of pupae	46°C for 55 min. N° of pupae	N° of pupae
		N° of fruit	N° of pupae	N° of fruit	N° of pupae				
TOMMY	474 ± 9	7	338(C)	21	2(C)	21	0(C)	2(C)	0(C)
		7	743(C)	21	4(C)	21	0(C)	4(C)	0(C)
KEITH	497 ± 16	7	193(C)	21	1(C)	21	0(C)	1(C)	0(C)
		7	491(C)	21	4(A)	21	0(C)	1(C)	0(C)
			8(A)		4(A)		0(A)	4(A)	0(A)

(1) Field infested with Anastrepha and laboratory infested with Ceratitidis during 72 hs. then held for 48 hs before treatment.

(C) Pupae of Ceratitidis.

(A) Pupae of Anastrepha.

TABLE N° 17

Pupae of Ceratitidis capitata (Wiedemann) and of Anastrepha obliqua (Macquart) recovered from Tommy Atkins and Keith mangoes (1) after double deep treatment. (42°C for 30 min. and then 49°C for 20 min.).

Variety		N° of fruit	Weight of fruit kg.	N° inf. fruit	Weight kg.	N° of pupae Cer.	N° of pupae Ana.
TOMMY	Control	15	7.490	11	5.343	2.594	129
	Treated	60	31.062			2	14
KEITH	Control	13	6.375	9	4.508	836	165
	Treated	65	33.825			1	6

(1) Field infested with Anastrepha and laboratory infested with Ceratitidis during 72 hs. and then stored for 48 hs. before treatment.

Cer. Ceratitidis; Ana. Anastrepha.

Tolerance of Tommy Atkins, Keith, Haden and Smith mangoes to hot water treatment:
Single deep in 46°C water for 65 minutes.

N° of fruit		Storage at amb. or ca. 13°C/days	Ripening time (days)		Decay ^c %	Injury ^d %	Ripe color ^e %	Acceptable fruit %
Untreated ^a	Treated ^b		Min.	Max. Av.				
Tommy Atkins								
30		amb.	8	12 10	20 ^g	0	100	80
30		3	5	9 7	40 ^h	0	100	60
30		16	5	6 5.5	70	0	100	30
	30	amb.	8	12 10	4	3 ^g	100	93
	29	3	5	9 7	1	6 ¹	100	93
	30	16	5	6 5.5	24	0	100	76
Keith^j								
30		amb.	12	24 18	48	0	98	52
30		3	9	17 13	58 ^g	0	98	42
30		16	6	6 6	70	0	96	30
	30	amb.	8	20 14	20	0	98	80
	29	3	9	18 13.5	24	3 ^g	98	73
	30	16	6	9 7.5	53	0	92	47
Haden								
	21	amb.	5	12 8.5	47	0	100	53
	22	3	3	9 6	59	0	100	41
	22	16	3	3 3	64	0	100	36
	22	amb.	6	12 9	18	0	100	82
	22	3	4	9 6.5	21	0	100	79
	22	16	3	3 3	40	0	100	60
Smith								
	20	amb.	9	14 11.5	50	0	100	50
	20	3	6	14 10	55	0	100	45
	20	16	1	8 4.5	60	0	100	40
	18	amb.	9	15 12	17	0	100	83
	18	3	6	16 11	17	0	100	83
	18	16	4	8 6	39	0	100	61

Captions to Table N°18

- a. The untreated fruit were submerged in 27°C water for 65 minutes.
- b. Submerged in 46°C water for 65 minutes.
- c. Fruit with moderate or severe anthracnosis and or stem-end rot, or a combination of slight anthracnosis and slight stem-end rot.
- d. Fruit with moderate or severe skin injury (scald).
- e. Fruit with at least 75% ripe skin color. There is a noticeable difference in color between the treated and the control fruit. Those tend to have a shade of brown.
- f. Fruit with slight injury or decay, at least 75% ripe skin color and no off flavor.
- g, h, i, l, 3 and 2 fruit, respectively, infested with Anastrepha obliqua. In the control the zones damaged by the larvae rotten rapidly. In the treated the damaged zones soften and because it happens before it rottens it was counted as injury.
- j. Keitt ripens very irregularly and it took longer to reach ripening. Some fruit looked healthy and without any damage but they did not ripe completely and did not reach more than 50% ripe color. The latter were count as acceptable fruit.

TABLE N°19

Survival of Ceratitidis capitata (Wiedemann) from Sunrise Solo and Kapoho Solo papaya^a
 after double deep treatment (42°C for 30 min., then 49°C for 20 min.)
 or single deep (49° for 30 min.).

Cultivar Treatment	N° of fruit ^b	Weight ^b kg.	N° of pupae	Estimated ^c population	Pop. upper surviving	95% conf. limit Number
<u>Double deep</u>						
Sunrise (8 replications)						
Control	133	55	34.128		1.000000	
Treated	816	343	4	228.486	0.000018	10.2 0.000045
Kapoho (8 replications)						
Control	105	34	14.186		1.000000	
Treated	808	269	0	122.780	0.000000	3.7 0.000030
<u>Single deep</u>						
Sunrise (4 replications)						
Control	71	28	10.623		1.000000	
Treated	400	150	212	60.509	0.005304	
Kapoho (2 replications)						
Control	29	9	3.807		1.000000	
Treated	557	197	33	80.086	0.000412	46.3 0.000578

a. Infested for 24 or 72 hs., then stored for 72 or 24 hs. before treatment.

b. For control infested fruit only.

c. The estimated population (N° of pupae in the infested control divided by its weight multiplied by the total weight of the treated fruit) for each replication was calculated and values summed.

TABLE N°20 Survival of Ceratitis capitata (Wiedemann) and or Anastrepha obliqua (Macquart) from Mangoes after submerged in 46.1-46.7°C water.

Variety	N° of Weight fruit kg	N° of pupas Ceratitis Anastrepha	Population estimate Ceratitis Anastrepha	% mortality Ceratitis Anastrepha
Keith (6 replications)^b				
Control	119	10.895	214	
55	524	54	14	47.932
60	525	0	2	47.124
65	520	0	0	48.475
Tommy ATK (7 replications)^c				
Control	145	24.535	1.058	
55	637	84	46	102.476
60	638	1	12	104.616
65	637	0	0	100.448
Haden (6 replication)^d				
Control	99	21.297		
55	490	105		106.231
60	488	1		101.430
65	490	0		105.331

a. For control infested fruit only.

b. Anastrepha field infested and Ceratitis lab. infested during 48 hs.

c. IDEM

d. Anastrepha free and Ceratitis lab. infested.

TABLE N°21 Survival of Ceratitís capitata (Wiedemann) from size 8 Haden¹ mangoes after immersed in 46.1-46.7°C water for different periods.

Immersion period mm.	N° of weight		N° of Pupae	Population Estimate	% Mortality
	fruit	kg			
Control	15	8.63	594		
40	80	45.67	286	3.143	90.9004
Control	15	8.51	478		
50	80	45.50	122	2.556	95.2269
Control	15	8.34	398		
55	82	46.98	86	2.242	96.1641
Control	15	8.28	517		
60	84	47.95	2	2.994	99.9332
Control	15	8.52	464		
65	80	45.87	0	2.498	100
Control	15	8.63	383		
70	80	45.92	0	2.037	100
Control	15	8.51	432		
80	80	46.61	0	2.366	100
Control	15	8.28	407		
90	78	43.66	0	2.146	100

1. Ceratitís lab. infested during less than 24 hs. Free from Anastrepha.

TABLE N°22 Survival of Ceratitis capitata (Wiedemann) and/or Anastrepha obliqua (Macquart) from size 8 Tommy Atkins mangoes after immersed in 46.1-46.7°C water for different periods.

Immersion periodmm.	N° of Weight		N° of pupae		Population estimate		% Mortality	
	fruit	kg	<u>Ceratitis</u>	<u>Anastrepha</u>	<u>Ceratitis</u>	<u>Anastrepha</u>	<u>Ceratitis</u>	<u>Anastrepha</u>
Control 45	15	8.63	585	141				
	105	60.01	182	17	4.067	980	95.5250	98.2653
Control 50	15	8.58	605	118				
	105	60.15	148	16	4.241	827	96.5103	98.0653
Control 55	15	8.63	698	84				
	105	59.02	57	12	4.774	574	98.8060	97.9094
Control 60	15	8.60	598	96				
	105	59.95	3	3	4.168	669	99.9280	99.5516
Control 65	15	8.68	766	128				
	105	59.43	0	0	5.245	876	100	100
Control 75	15	8.63	648	97				
	102	58.31	0	0	4.378	655	100	100
Control 85	15	8.74	889	114				
	102	58.80	0	0	5.980	767	100	100

1. Ceratitis lab. infested during 24 hs. Field infested with Anastrepha

TABLE N°23 Survival of Ceratitis capitata (Wiedemann) and/or Anastrepha obliqua (Macquart) from size 8, Keith mangoes after immersed in 46.1-46.7°C water for different periods.

Immersion Periodomm.	N° fo Weigh fruit kg		N° of pupae		Population estimated		% Mortality	
			<u>Ceratitis</u>	<u>Anastrepha</u>	<u>Ceratitis</u>	<u>Anastrepha</u>	<u>Ceratitis</u>	<u>Anastrepha</u>
Control 45	14	8.05	360	6				
	84	48.31	168	1	2.166	36	92.2438	97.2222
Control 50	14	8.00	378	3				
	84	48.25	62	2	2.280	18	97.2807	88.8889
Control 55	14	7.82	393	2				
	83	47.61	15	2	2.393	12	99.3731	83.3333
Control 60	14	7.98	369	4				
	84	48.15	0	2	2.226	24	100	91.6667
Control 65	14	7.94	474	3				
	83	47.72	0	0	2.848	18	100	100
Control 75	14	8.15	348	2				
	84	47.62	0	0	2.058	12	100	100
Control 85	14	8.05	412	8				
	84	48.07	0	0	2.460	48	100	100

1. Ceratitis lab. infested during less than 24 hs. Field infested with Anastrepha.

TABLE N°24 Survival of Ceratitidis capitata (Wiedemann) and/or Anastrepha obliqua (Macquart) from size 8, Irwin mangoes after immersed in 46.1-46.7°C water for different periods.

Immersion Period mm.	N° of Weigh fruit kg		N° of pupae		Population estimate		% Mortality	
	12	60	Ceratitidis	Anastrepha	Ceratitidis	Anastrepha	Ceratitidis	Anastrepha
Control	12	6.90	519	22				
40	60	34.20	294	17	2.572	109	86.5692	84.4037
Control	12	6.90	432	109				
50	60	34.28	92	12	2.146	541	95.7130	97.7819
Control	12	7.28	438	85				
55	60	34.65	14	2	2.085	405	99.3285	99.5062
Control	12	7.13	489	36				
60	60	35.42	1	2	2.429	178	99.988	98.8764
Control	12	7.18	436	29				
65	60	35.19	0	0	2.136	142	100	100
Control	12	7.36	418	64				
70	60	34.73	0	0	1.972	302	100	100
Control	12	6.97	483	43				
75	60	35.05	0	0	2.429	216	100	100

1. Ceratitidis lab. infested during less than 24 hs. Field infested with Anastrepha.

TABLE N°25 Survival of Ceratitis capitata (Wiedemann) and/or Anastrepha obliqua (Macquart) from size 9, Haden mangoes after immersed in 46.1-46.7°C water for different periods.

Immer- sion Period mm.	N° of Weigh fruit kg	N° of pupas		Population estimate		% Mortality	
		<u>Ceratitis</u>	<u>Anastrepha</u>	<u>Ceratitis</u>	<u>Anastrepha</u>	<u>Ceratitis</u>	<u>Anastrepha</u>
Control 40	15 7.70 105 53.68	4.986 1.984	165 98	34.759 1.150	94.2921	91.4783	
Control 45	15 7.64 105 53.70	5.142 1.292	111 53	36.142 780	96.4252	93.2051	
Control 55	15 7.71 105 53.88	3.934 65	123 18	27.492 860	99.7636	97.9070	
Control 60	15 7.60 105 53.68	3.327 1	132 3	23.499 932	99.9957	99.6781	
Control 65	15 7.59 105 53.74	4.267 0	144 0	30.211 1.020	100	100	
Control 70	15 7.64 45 23.06	4.799 0	203 0	14.484 628	100	100	
Control 75	15 7.67 105 53.67	3.431 0	137 0	24.008 959	100	100	
Control 80	15 7.59 45 23.12	5.680 0	155 0	17.302 472	100	100	
Control 85	15 7.64 60 30.65	9.631 0	129 0	38.637 518	99.992	99.421	
Control 90	15 7.59 60 30.81	7.816 0	121 0	31.727 491	99.991	99.389	

1. Ceratitis lab. infested during 48 hs. Field infested with Anastrepha.

TABLE: N°26 Heat transfer to mangoes submerged in 46°C water a temperature measured (with a 21 gage 1 1/2 long hypodermic needle probe with thermocouple) at ca.1 mm. above the seed.

Variety	N° of fruit	Size ^b N°	Weight R ± SE gs.	Mx. size ^c $\bar{x} \pm SE$ mm.	Average temperature after mm. submersion											
					0	20	40	60	70	85	90	100	110	120		
Tommy At.	24	6	768 ± 4.7	337 ± 1.2	25.85	29.74	36.82	41.00	43.10	43.96	44.68	45.23	45.65	46+		
Keith	24	6	767 ± 5.8	316 ± 0.9	25.83	29.50	36.52	40.87	42.93	43.96	44.68	45.28	45.65	46+		
Haden	24	8	657 ± 6.8	335 ± 1.4	24.90	30.31	37.45	41.52	43.20	44.15	44.91	45.40	45.75	46+		
Haden ^d	20	10	459 ± 7.0	295 ± 2.1	23.15	29.85	38.67	42.67	43.81	44.56	45.42	45.72	46+			
Keith	20	10	464 ± 3.1	267 ± 2.3	25.0	31.28	38.86	42.79	43.90	44.65	45.50	45.73	46+			
Tommy	20	10	457 ± 6.3	302 ± 2.5	25.0	30.90	38.75	42.50	43.80	44.50	45.40	45.75	46+			
Haden	24	12	388 ± 4.7	281 ± 1.5	25.50	33.23	40.10	43.50	44.50	45.30	45.83	46+				

a. Water was kept between 46 and 46.5°C.

b. N° of mangoes per 10 pound Box.

c. Maximum transversal circumference.

d. Kept overnight et ca. 13°C and them kept at ambient for 6 hs. before submission.

TABLE N°27 Tolerance of *Anastrepha obliqua* 3rd. instar larvae to immersion in water at 46.1-46.7°C.

Immersion Period min.	N° of larvae treated		N° of larvae killed		Total Treated	Killed	Mortality %
	replicates 1	N° 2	replicate 1	N° 2			
4	25	25	0	0	50	0	100
4 1/2	25	25	0	2	50	2	4
5	25	25	2	6	50	8	16
5 1/2	25	25	4	4	50	8	16
6	25	25	8	14	50	22	44
6 1/2	25	25	16	14	50	30	60
7	25	25	21	23	50	44	88
8	25	25	23	25	50	48	96
9	25	25	25	25	50	50	100

TABLE N°28 Tolerance of Ceratitidis 3rd. instar larvae to immersion in water at 46.1-46.7°C.

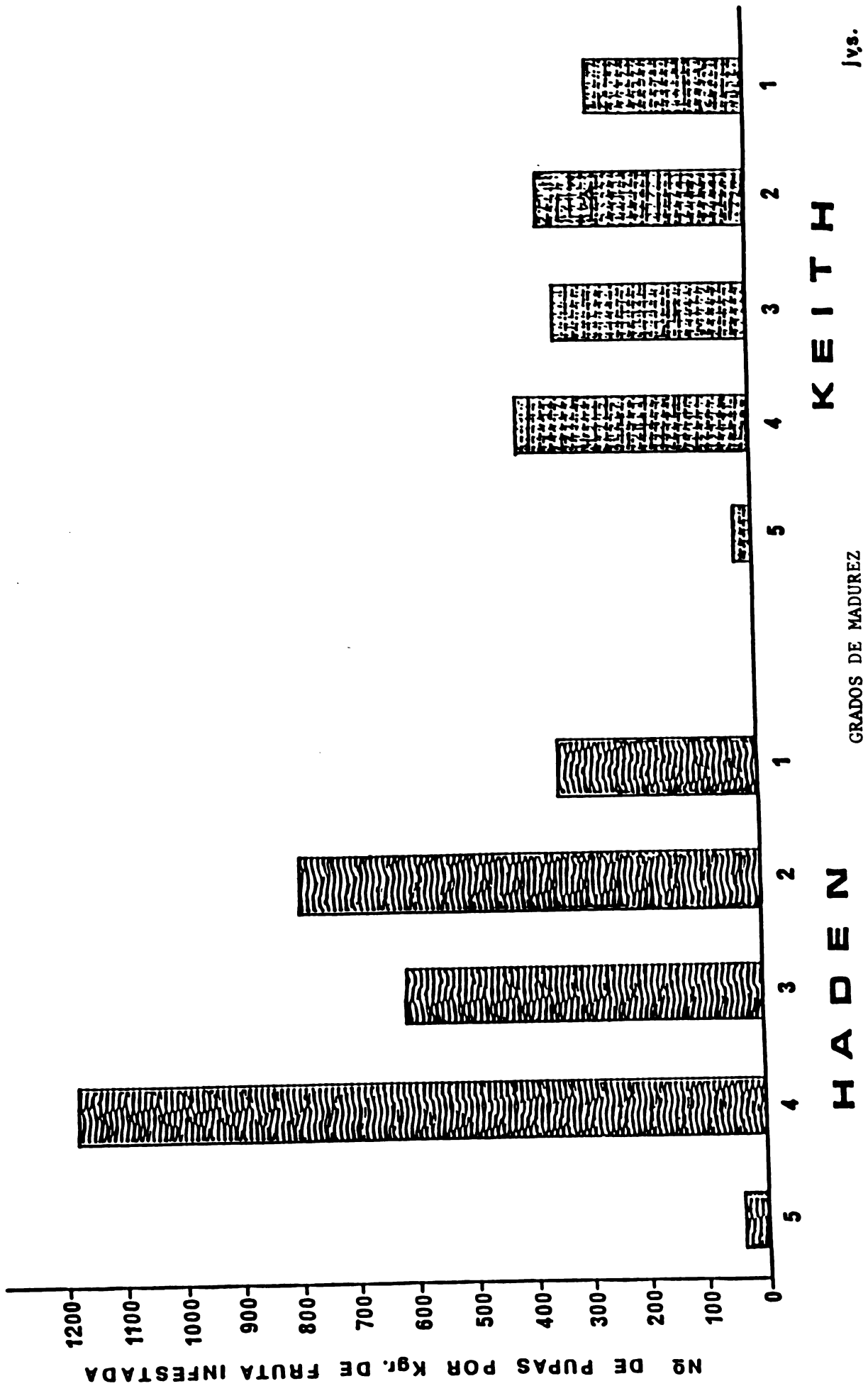
Immersion Period min.	N° of larvae treated				N° of larvae killed				Total Treated	Killed	Mortal %
	1	2	3	4	1	2	3	4			
3	29	25			0	0			54	0	0
4	30	25			9	8			55	17	30.9
4 1/2			25	25			7	8	50	15	30.0
5	29	25	25	25	15	16	18	16	104	65	62.5
5 1/2			25	25			18	18	50	36	72.0
6	28	25	25	25	18	21	22	23	103	84	81.6
6 1/2			25	25			22	23	50	45	90.0
7			25	25			23	24	50	47	94.0
7 1/2			25	25			25	25	50	50	100
8			25	25			25	25	50	50	100

F I G U R A S

F I G U R E S

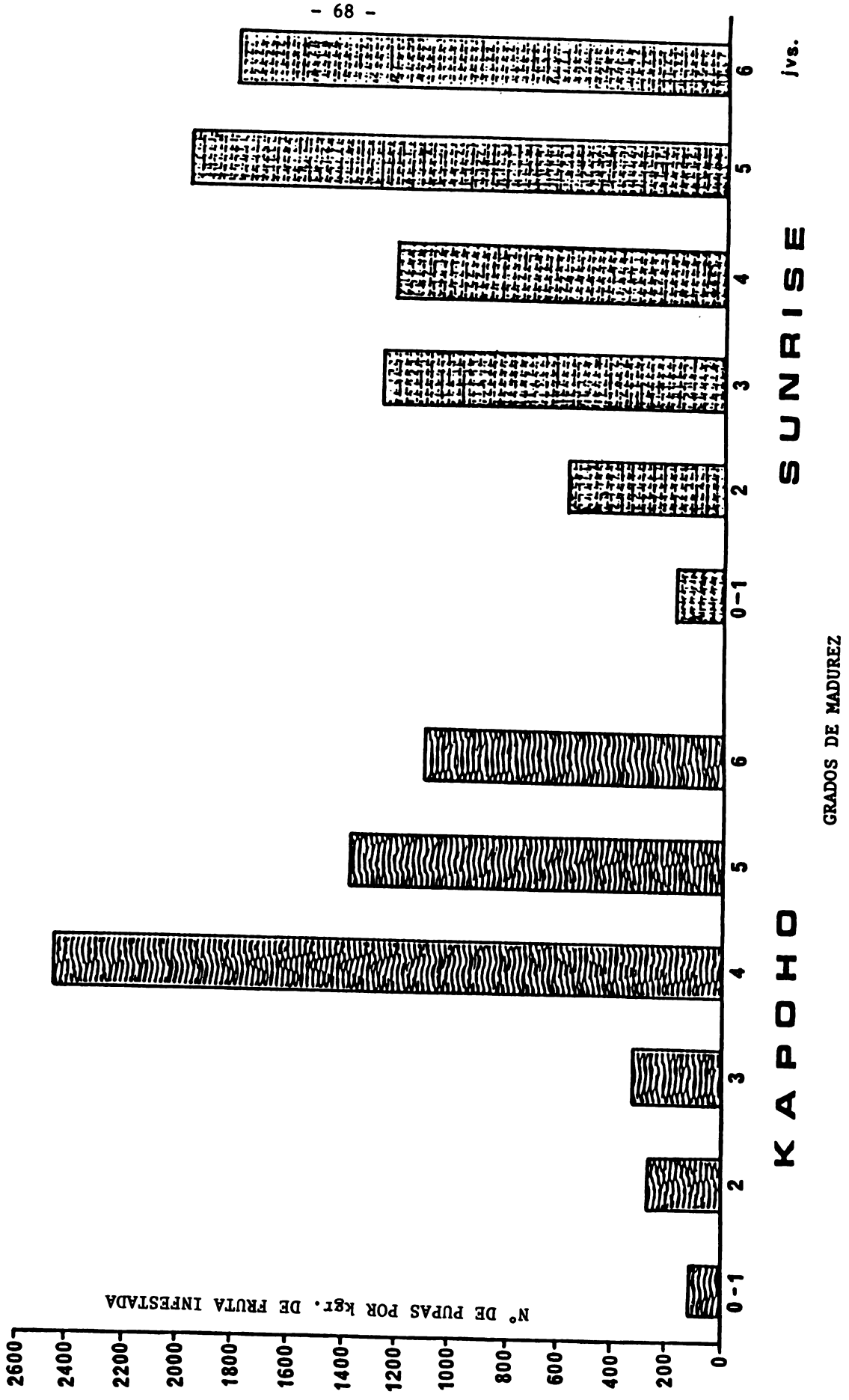
Susceptibilidad a la infestación por la Mosca del Mediterráneo (Figura #1)

de mangos en diferentes grados de madurez



Suceptibilidad a la infestación por la Mosca del Mediterráneo de papayas en diferentes grados de madurez

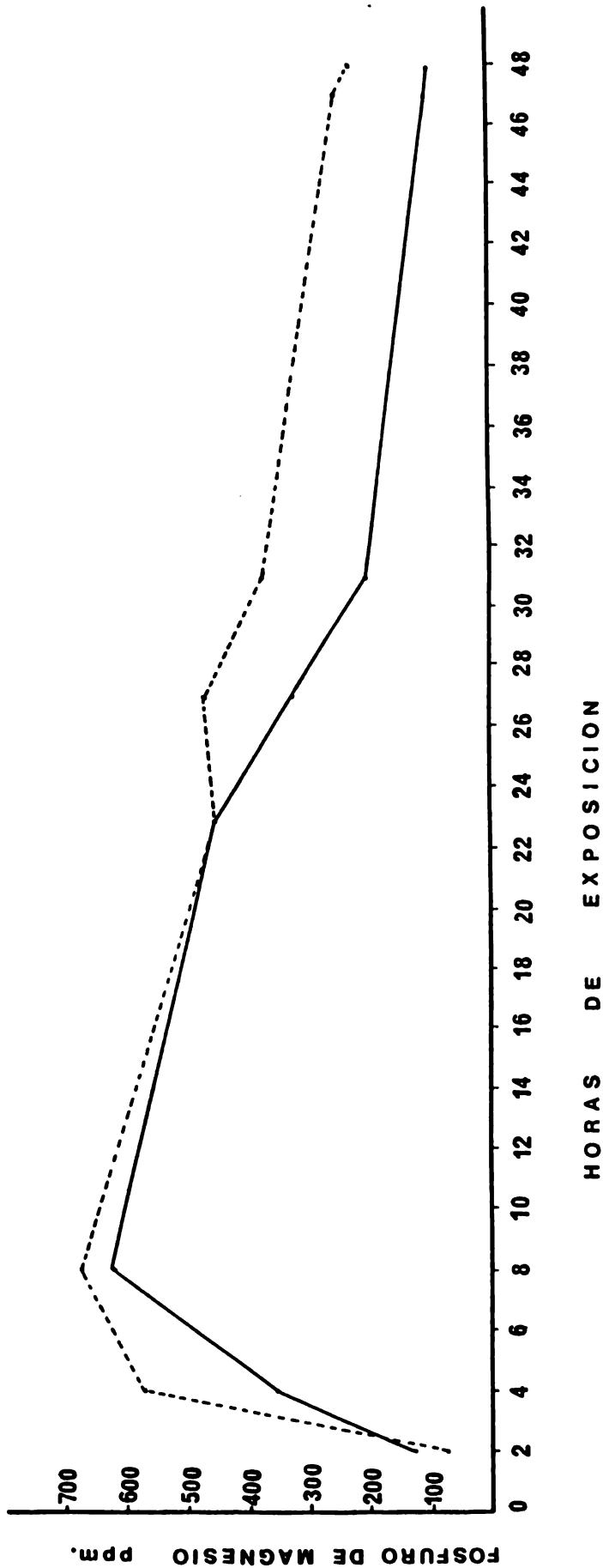
(Figura #2)



(Figura #3)

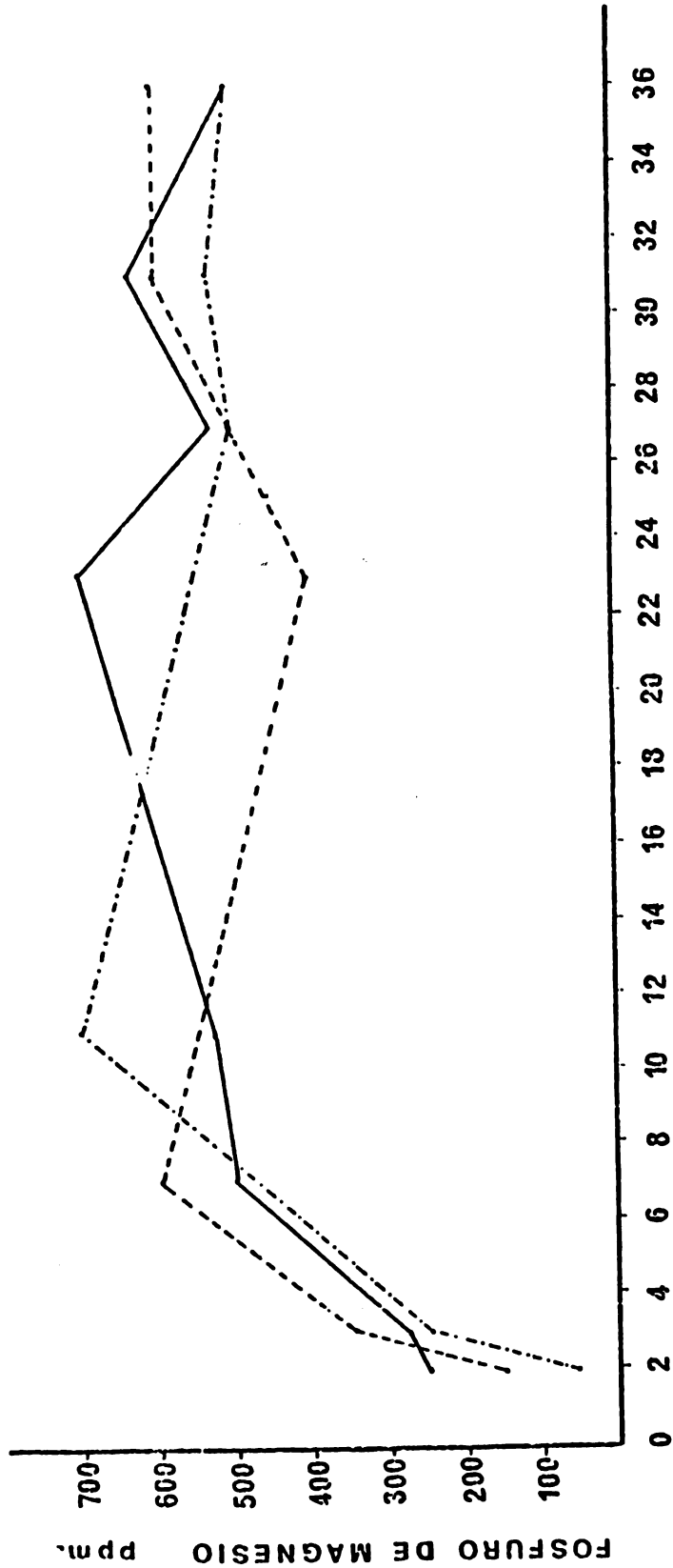
— CENTRO DE LA CAMARA

- - - - - FRENTE " " "



Fumigación de mangos Keitt y Haden.
Concentración de Fosforo de mg. en cámara de 31.8 m.³
Una FUMI - CELL - Temperatura Ambiente.

— CENTRO DE LA CAMARA
- - - FRENTE " "
- · - FONDO " "

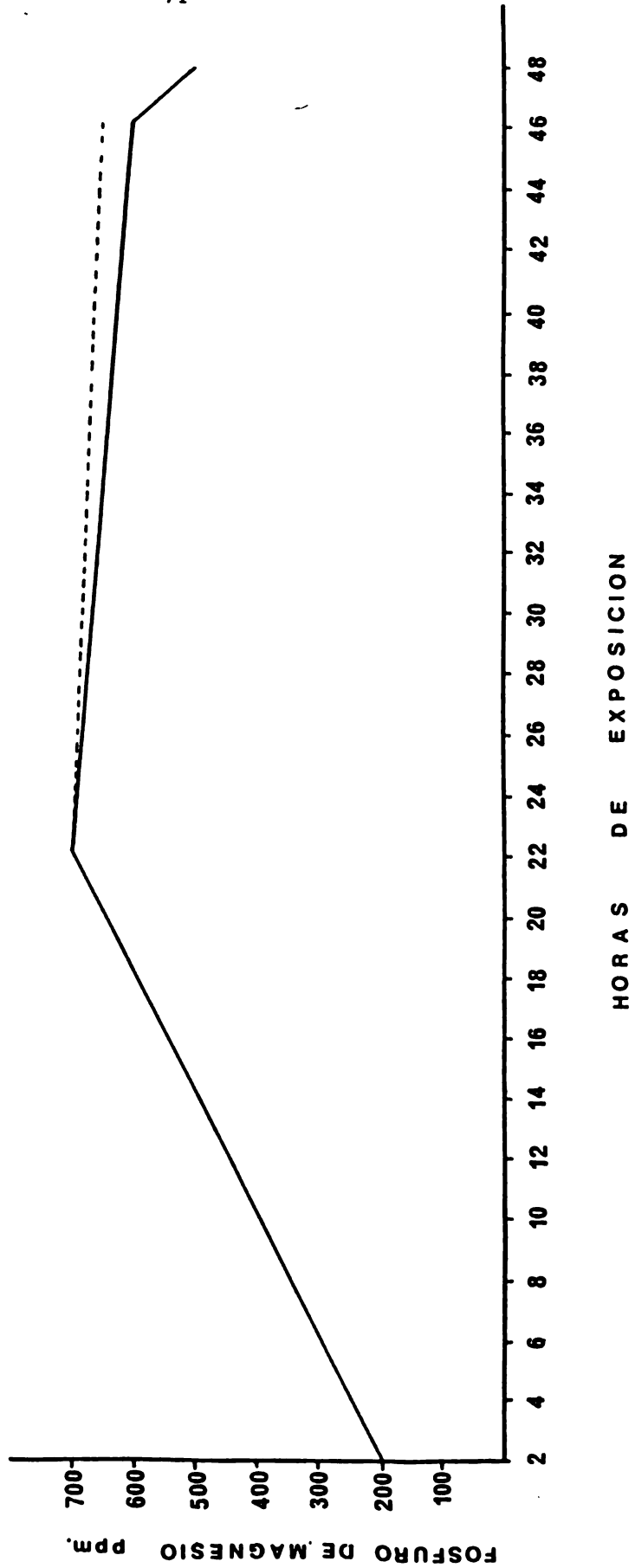


HORAS DE EXPOSICION

Fumigación de Mangos Keitt.
Concentración de Fosforo de mg. en cámara de 31.8 m.³
Una FUMI - CELL - Temperatura Ambiente.

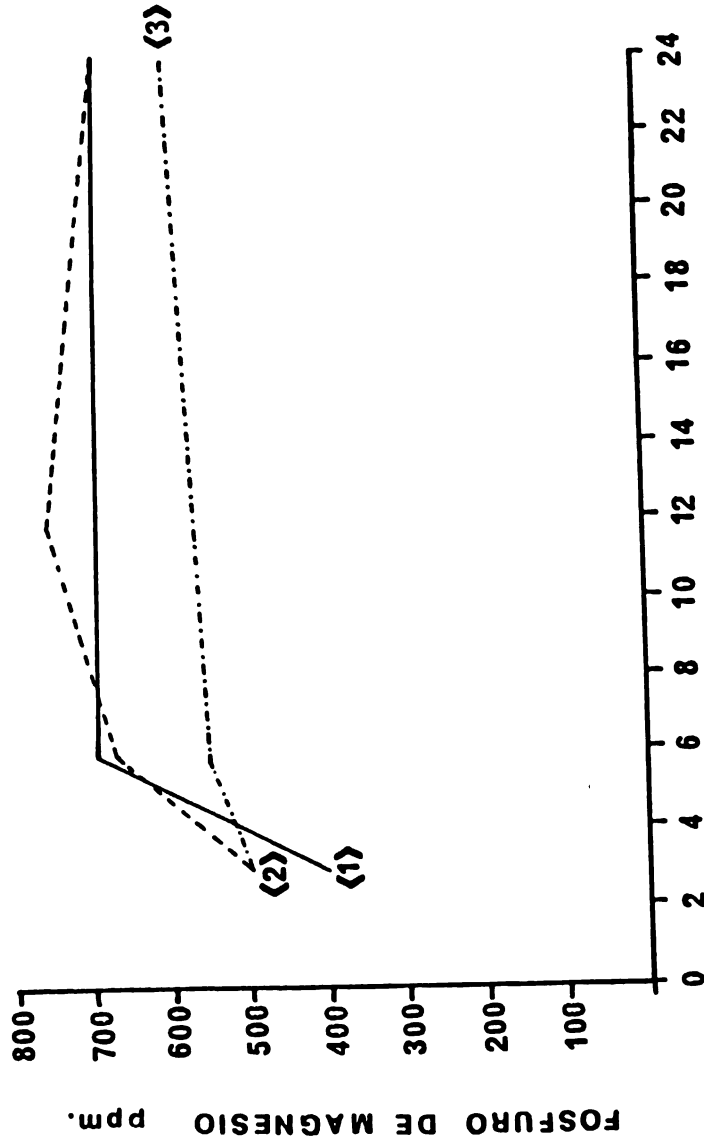
(Figura #5)

— CENTRO DE LA CAMARA
- - - FRENTE " " "



Fumigación de Mangos Haden.
Concentración de Fosforo de mg. en cámara de fumigación de 31.8 m.³
Una FUMI-CELL³. Temperatura Ambiente.

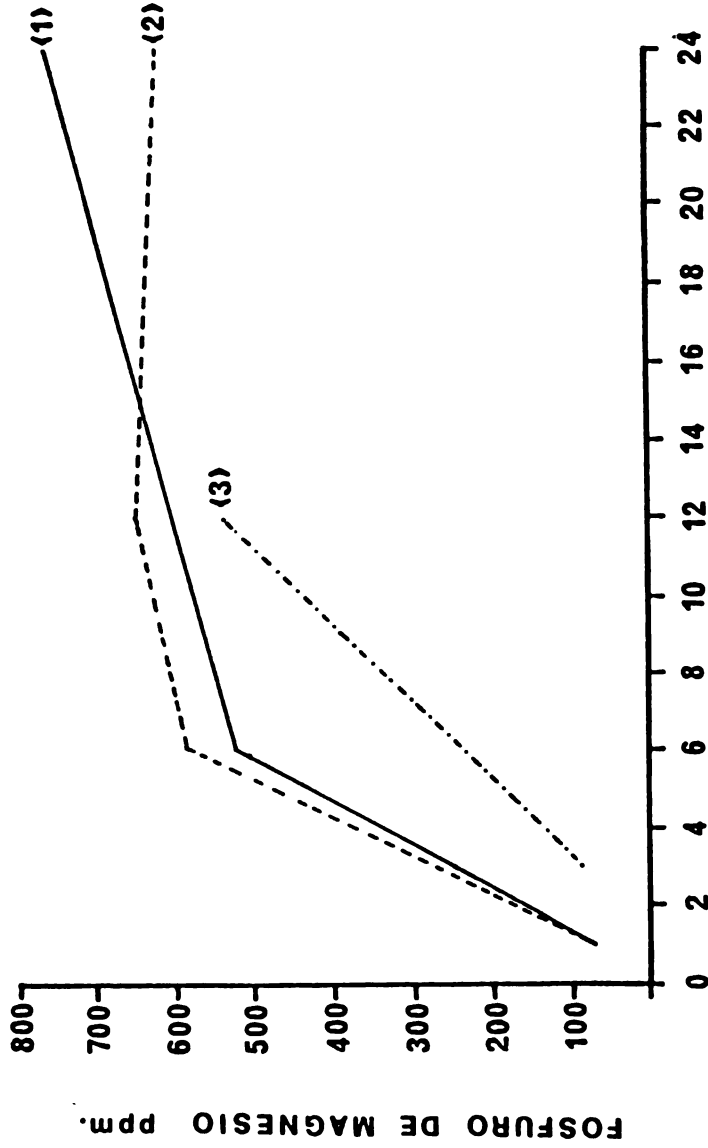
- 1——CENTRO DE LA CAMARA
- 2-----FRETE " " "
- 3-----FONDO " " "



HORAS DE EXPOSICION

Fumigación de papayas Kapoho Solo y Sunrise Solo.
Concentración de Fosforo de mg. en camara de fumigacion de 31.8 m³.
Una FUMI-CELL[®] - Temperatura Ambiente

- 1 ————— CENTRO DE LA CAMARA
- 2 - - - - - FRENTE " " "
- 3 - FONDO " " "



HORAS DE EXPOSICION

Fumigación de papayas Kapoho Solo y Sunrise Solo.

Concentración de Fosforo de mg. en cámara de fumigación de 31.8 m³.

Una FUMI-CELL[®] (3) - Temperatura Ambiente

1/1/1
P
A

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA

Apdo. 55-2200 Coronado, Costa Rica - Tel.: 29-0222 - Cable: IICASANJOSE - Telex: 2144 IICA,
Correo Electrónico EIES; 1332 IICA DG - FACSIMIL (506)294741 IICA COSTA RICA