



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**PROGRAMA DE POSGRADO EN ALIMENTOS  
DEL CENTRO DE LA REPÚBLICA (PROPAC)**

**ATMOSFERAS CONTROLADAS Y TEMPERATURA ALTA PARA  
CONTROLAR *Anastrepha obliqua* Y *Anastrepha ludens* EN MANGO  
VARIEDAD 'MANILA' EN POSTCOSECHA**

**TESIS**

**QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA  
OBTENER EL GRADO DE**

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**PRESENTA**

**MC. DORA ALICIA ORTEGA ZALETÁ**

**Querétaro, Qro.**

**Septiembre 2000**

No Adq. H63896

No. Título IS

Clas. 632.9

077a

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO  
FACULTAD DE QUÍMICA

DOCTORADO EN CIENCIA DE LOS ALIMENTOS  
PROGRAMA DE POSGRADO EN ALIMENTOS DEL  
CENTRO DE LA REPÚBLICA (PROPAC)

ATMOSFERAS CONTROLADAS Y TEMPERATURA ALTA PARA CONTROLAR  
*Anastrepha obliqua* Y *Anastrepha ludens* EN MANGO VARIEDAD 'MANILA'  
EN POSTCOSECHA

TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIA DE LOS ALIMENTOS

PRESENTA  
M.C. DORA ALICIA ORTEGA ZALETÁ

DIRIGIDA POR :  
DR. ELHADI YAHIA KAZUZ

SINODALES

DR. ELHADI YAHIA KAZUZ  
PRESIDENTE

DR. JORGE LUIS LEYVA VASQUEZ  
SECRETARIO

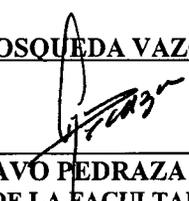
DR. SAID INFANTE GIL  
VOCAL

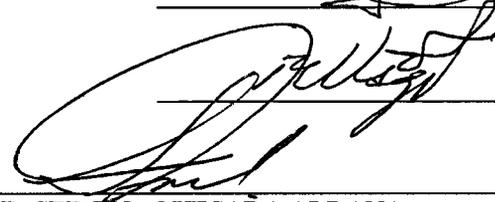
DR. MARIO CAMINO LAVIN  
VOCAL

DR. ERNESTO MORENO MARTINEZ  
VOCAL

DR. JOEL CORRALES GARCÍA  
SUPLENTE

DR. RAUL MOSQUEDA VAZQUEZ  
SUPLENTE

  
MC. GUSTAVO PEDRAZA ABOYTES  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE QUÍMICA

  
DR. SERGIO QUESADA ALDANA  
DIRECTOR DE INVESTIGACION Y POSGRADO

CENTRO UNIVERSITARIO  
QUERÉTARO, QRO.  
MEXICO.

## RESUMEN

El objetivo fue demostrar la eficiencia de la combinación de las atmósferas controladas (AC) y temperatura alta (TA) para controlar huevos y larvas de moscas de la fruta. Se evaluaron combinaciones de TA y AC en el menor tiempo de exposición, para establecer un sistema cuarentenario para *Anastrepha obliqua* (Macquart) y *A. ludens* (L) en mango 'Manila'. En ensayos *in vitro* con huevos de 48h de desarrollo y larvas de tercer estadio, e *in vivo* con frutos fisiológicamente maduros e infestados se evaluaron la TA de 44°C durante 160 min y las AC 14.8% O<sub>2</sub> + 7.2 % CO<sub>2</sub> y 15.1% O<sub>2</sub> + 20.6% CO<sub>2</sub> cada una a 44°C por 120 min. En otros ensayos *in vitro* se aplicaron la TA de 44°C por 160 min con las AC 0%O<sub>2</sub>, 13% O<sub>2</sub> + 20% CO<sub>2</sub> y 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>. Las TA de 48°C por 220 min y 50, 51, 52, 54 y 55°C por 240 min solas y con la AC 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>. Igualmente, a 40°C por 240 min y a 48° y 55°C por 80, 160 y 240 min con la AC 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>. En ensayos *in vivo* con frutos infestados artificialmente se evaluó la AC 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a TA de 35, 37, 39, 40, 42-49°C; en frutos con infestación natural con larvas de primer estadio con la AC 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a TA de 37, 39, 40, 42 - 45°C y otros frutos infestados con huevos con 48 h de desarrollo se trataron la AC 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a TA de 39, 40, 42, 43°C y 43°C por 160 min. La variable de respuesta fue la mortalidad y la mortalidad corregida, se aplicó el análisis de varianza y probit 9. Frutos de mango Manila, fisiológicamente maduros y sin infestar se expusieron a la AC 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a temperaturas de 40, 42-49°C por 160 min y se almacenaron por 10 y 20 días a 10°C. Las variables determinadas fueron grado de daño por escaldado, peso perdido, firmeza, color externo e interno y se aplicó el análisis de varianza. Se demostró que las AC combinadas con temperatura alta tienen gran potencial para controlar huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*. En los ensayos *in vitro* la AC 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 44°C por 160 min fue la de mayor efecto en huevos y larvas de *A. obliqua* y huevos de *A. ludens* y la AC 0% O<sub>2</sub> en larvas de *A. ludens*. El estadio de huevo de las dos especies fue menos susceptible que el de larvas y la temperatura letal probit 9 para huevos de *A. obliqua* fue de 61°C. En los ensayos *in vivo*, la AC 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a temperaturas  $\geq 39^\circ\text{C}$  causó el 100% de mortalidad de larvas de tercer estadio y a temperaturas  $\geq 40^\circ\text{C}$  en larvas de primer estadio. A 43°C se obtuvo el 100% de mortalidad de huevos de las dos especies. Los frutos expuestos a la AC a TA de 40, 42 y 43°C tuvieron las características de calidad semejantes al control, los frutos tratados a 43°C tuvieron mayor firmeza y estadísticamente iguales al control. Los frutos tratados a temperaturas mayores que 44°C presentaron daños por escaldado. Se concluyó que la combinación de la AC 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a TA  $\geq 40^\circ\text{C}$  por 160 min proporcionan el 100% de mortalidad de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila. La AC 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 40-43°C por 160 min puede utilizarse como un sistema cuarentenario para controlar moscas de la fruta *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila infestados, sin alterar la calidad del fruto.

**(Palabras clave:** Atmósferas controladas, temperatura alta, *A. obliqua*, *A. ludens*, mango)

## SUMMARY

This work was done to test the efficiency of combinations of high temperature (HT) and controlled atmosphere (CA) to kill immature fruit flies. Combinations of HT and CA were applied for minimal exposure times as a quarantine control system to kill eggs and larvae of the fruit flies *Anastrepha obliqua* (Macquart) and *A. ludens* (L) in 'Manila' mango fruit. *In vitro* tests with 48-h eggs and 3<sup>rd</sup>-instars, and *in vivo* tests with infested and physiologically mature fruits, were performed to evaluate the following treatment: HT of 44°C for 160 min; HT of 44°C for 120 min and CA of 14.8% O<sub>2</sub> + 7.2 % CO<sub>2</sub> and 15.1% O<sub>2</sub> + 20.6% CO<sub>2</sub>. Other *in vitro* tests included HT of 44°C for 160 min and CA of 0% O<sub>2</sub>, 13% O<sub>2</sub> + 20% CO<sub>2</sub> and 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>; HT of 48°C for 220 min and HT of 50, 51, 52, 54 and 55°C for 240 min alone and combined with CA of 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>. HT of 40°C for 240 min and at 48 and 55°C for 80, 160, and 240 min and combined CA of 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> was also evaluated. Fruits artificially infested (*in vivo* tests) were exposed to a CA of 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> at 35, 37, 39, 40, and 42-49°C. Fruits naturally infested with first instars were exposed to a CA of 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> at HT of 37, 39, 40, and 42-45°C. Fruits naturally infested with 48-h eggs were exposed to HT of 43°C for 160 min and the same CA at HT of 39, 40, 42 and 43°C for 160 min. The response variable was the total and corrected mortality, analyzed by ANOVA and PROBIT 9. An experiment was performed to determine the effect of CA on fruit quality where physiologically mature Manila mango fruits free of fruit flies were exposed to a CA of 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> at HT of 40, 42-49°C for 160 min and stored for 10 and 20 days at 10°C. Fruits were then assessed for scald damage, fruit weight lost, fruit firmness, and external and internal color. The CAs combined with HT demonstrated high potential to kill eggs and larvae of *A. obliqua* and *A. ludens*. In the *in vitro* tests, a CA of 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> at 44°C for 160 min caused the higher mortality of eggs and larvae of both species as did a CA of 0% O<sub>2</sub> on larvae of *A. ludens*. The egg stage was less susceptible than the larval stage in both species. The estimated PROBIT 9 for the egg stage was 61°C. In the *in vivo* tests, a CA of 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> at HT of ≥39°C caused 100% mortality of 3<sup>rd</sup> instars, and the same effect was observed at HT of ≥40°C on 1<sup>st</sup> instars. A HT of 43°C caused 100% mortality of eggs of both species. Fruits exposed to the CA at HT of 40, 42 and 43°C were statistically of the same quality as those at the control (room temperature), except at 43°C they had higher pulp firmness. Fruits treated at HT of ≥44°C revealed scald damage. It was concluded that a combination of CA of 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> at HT of >40°C for 160 min caused 100% mortality of egg and larval stages of both *Anastrepha obliqua* and *Anastrepha ludens* in Manila mango fruits. A CA of 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> at HT of 40-43°C for 160 min can be used as a quarantine control system against both *A. obliqua* and *A. ludens* in Manila mango fruits without fruit quality detriment.

**(Key words:** Controlled atmosphere, high temperature, *A. obliqua*, *A. ludens*, mango).

**DEDICADO A:**

**DIOS**

**Y**

**MIS SERES AMADOS**

## AGRADECIMIENTOS

Al INIFAP y CONACYT por el aporte económico que me facilitaron durante los estudios de postgrado.

Al personal de la Planta MOSCAFRUT y del departamento de cría de insectos del CP que desinteresadamente proporcionaron las muestras de huevos y larvas de moscas de la fruta para desarrollar este trabajo.

Al personal del Campo Experimental Cotaxtla (CIRGOC-INIFAP) que generosamente aportaron los frutos de mango Manila.

A mis asesores y maestros que compartieron conmigo su sabiduría académica y humana.

Al personal del Departamento de Postgrado de la Facultad de Química porque más que realizar su trabajo me brindaron su amistad.

## INDICE

	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Indice	v
Indice de cuadros.	ix
Indice de figuras.	xi
Indice de cuadros del apéndice.	xiv

### CAPÍTULO I.

#### ESTUDIOS PRELIMINARES DE ATMOSFERAS CONTROLADAS A TEMPERATURA ALTA PARA EL CONTROL DE HUEVOS Y LARVAS DE *Anastrepha obliqua* Y *A. ludens*.

RESUMEN.	1
I.1. INTRODUCCION.	1
I.2. REVISION DE LITERATURA.	2
I.2.1. Importancia del Cultivo de Mango.	2
I.2.2. Problemas en el Manejo Postcosecha.	4
I.2.2.1. Patológicos.	4
I.2.2.2. Plagas.	4
I.2.2.3. Calidad.	5
I.2.3. Sistemas Cuarentenarios.	5
I.2.3.1. Requisitos del Sistema Cuarentenario.	6
I.2.3.2. Tipos de Sistemas Cuarentenarios.	6
I.2.3.2.1. Fumigantes.	6
I.2.3.2.2. Bajas Temperaturas.	7
I.2.3.2.3. Irradiación.	9
I.2.3.2.4. Altas Temperaturas.	11
I.2.3.2.5. Atmósferas Modificada (AM) y Controlada (AC).	12
I.2.3.2.6. Tratamientos Combinados.	13
I.3. HIPOTESIS Y OBJETIVO.	14
I.3.1. Hipótesis.	14
I.3.2. Objetivo.	14
I.4. MATERIALES Y METODOS.	15
I.4.1. Materiales.	15
I.4.1.1. Equipo.	15
I.4.1. Material Biológico.	16
I.4.1.1. Insectos.	16
I.4.1.2. Frutos.	16
I.4.2. Métodos.	16
I.4.2.1. Registro de Condiciones Ambientales en la Cámara.	16

I.4.2.2. Manejo de Muestras.	16
I.4.2.3. Mortalidad en huevo.	17
I.4.2.4. Mortalidad en Larvas.	17
I.4.2.5. Infestación Artificial de Frutos.	17
I.4.2.6. Análisis Estadístico.	17
<b>I.5. RESULTADOS Y DISCUSION.</b>	18
<b>I.5.1. Condiciones Ambientales en la Cámara.</b>	18
<b>I.5.2. Ensayos <i>in vitro</i>.</b>	20
<b>I.5.3. Ensayos <i>in vivo</i>.</b>	22
<b>I.6. CONCLUSIONES.</b>	22

## CAPÍTULO II.

### RESPUESTA *in vitro* DE HUEVOS Y LARVAS DE *Anastrepa obliqua* Y *A. ludens* A ATMOSFERAS CONTROLADAS Y TEMPERATURA ALTA.

<b>RESUMEN.</b>	23
<b>II.1. INTRODUCCION.</b>	24
<b>II.2. REVISION DE LITERATURA.</b>	24
<b>II.2.1. Generalidades de Moscas de la fruta</b>	24
II.2.1.1. Especies de Moscas de la Fruta.	24
II.2.1.2. Ciclo Biológico.	24
II.2.1.3. Hospederos y Distribución Geográfica de las especies <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i>	26
<b>II.2.2. Efectos del Calor y las Atmósferas Controladas sobre los Insectos.</b>	29
II.2.2.1. Efectos del Calor sobre Moscas de la Fruta.	29
II.2.2.2. Efectos de las Atmósferas Controladas sobre los Insectos.	30
II.2.2.3. Concentración de los Gases y Condiciones Letales.	31
<b>II.3. HIPOTESIS Y OBJETIVOS.</b>	35
II.3.1. Hipótesis.	35
II.3.2. Objetivos.	35
<b>II.4. MATERIALES Y MÉTODOS.</b>	36
<b>II.4.1. Materiales.</b>	36
II.4.1.1. Equipo.	36
<b>II.4.2. Material Biológico.</b>	36
II.4.2.1. Insectos	36
<b>II.4.3. Métodos.</b>	36
II.4.3.1. Registro de Condiciones Ambientales en la Cámara.	36
II.4.3.2. Manejo de Muestras.	36
II.4.3.3. Mortalidad en huevo.	36
II.4.3.4. Mortalidad en Larvas.	36
II.4.3.5. Análisis Estadístico.	36
<b>II.5. RESULTADOS Y DISCUSION.</b>	38
<b>II.5.1. Mortalidad a 44°C por 160 min.</b>	38
<b>II.5.2. Mortalidad a 48°C.</b>	45
<b>II.5.3. Mortalidad a temperaturas mayores de 50°C por 240 min.</b>	52

<b>II.5.4. Temperatura y Tiempo Letal.</b>	61
II.5.4.1. Condiciones Ambientales en la Cámara.	61
II.5.4.2. Mortalidad.	67
II.5.4.3. Determinación de la Temperatura y Tiempo Letal. Probit 9.	69
<b>II.5.5. Discusión General</b>	71
<b>II.6. CONCLUSIONES.</b>	77

### CAPÍTULO III

#### MORTALIDAD *in vivo* DE LARVAS DE *Anastrepha obliqua* Y *A. ludens* EN ATMOSFERAS CONTROLADAS Y TEMPERATURA ALTA

<b>RESUMEN.</b>	78
<b>III.1. INTRODUCCIÓN.</b>	78
<b>III.2. REVISIÓN DE LITERATURA.</b>	78
III.2.1. Temperatura alta para el control de moscas de la fruta	78
III.2.2. Atmósferas Controladas en productos infestados.	80
<b>III.3. HIPOTESIS Y OBJETIVOS</b>	82
III.3.1. Hipótesis	82
III.3.2. Objetivo	82
<b>III.4. MATERIALES Y MÉTODOS.</b>	82
<b>III.4.1. Materiales.</b>	82
III.4.1.1. Equipo.	82
III.4.1.2. Jaulas.	82
<b>III.4.2. Material Biológico</b>	83
III.4.2.1. Insectos	83
III.4.2.2. Frutos.	83
<b>III.4.3. Metodología</b>	83
III.4.3.1. Registro de Condiciones Ambientales en la Cámara.	83
III.4.3.2. Manejo de Muestras.	83
III.4.3.3. Infestación Artificial de Frutos.	83
III.4.3.4. Infestación Natural de Frutos.	84
III.4.3.5. Análisis Estadísticos.	84
<b>III.5. RESULTADOS Y DISCUSION.</b>	85
<b>III.5.1. Condiciones Ambientales de la Cámara de Atmósferas     Controladas.</b>	85
<b>III.5.2. Mortalidad de Larvas en Frutos Infestados Artificialmente.</b>	99
<b>III.5.3. Mortalidad de Larvas en Frutos Infestados Naturalmente.</b>	99
<b>III.6. CONCLUSIONES.</b>	103

### Capítulo IV.

#### CALIDAD DE FRUTOS DE MANGO 'MANILA' EXPUESTOS A ATMÓSFERAS CONTROLADAS Y TEMPERATURA ALTA

<b>RESUMEN.</b>	104
<b>IV.1. INTRODUCCIÓN.</b>	104
<b>IV.2. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	105
<b>IV.2.1. Aspectos Fisiológicos de Desarrollo del fruto.</b>	105

<b>IV.2.2. Efecto de la Temperatura sobre el Fruto.</b>	106
IV.2.2.1. Termotolerancia del Fruto de Mango.	109
<b>IV.2.3. Efecto de las Atmósferas Controladas sobre el Fruto.</b>	110
<b>IV.2.4. Tolerancia de las frutas a AM y AC.</b>	112
<b>IV. 2.5. Efecto de la Combinación de AC y Temperatura sobre el Fruto.</b>	113
<b>IV.3. HIPOTESIS Y OBJETIVO.</b>	113
IV.3.1. Hipótesis.	113
IV.3.2. Objetivo.	113
<b>IV.4. MATERIALES Y MÉTODOS.</b>	114
IV.4.1. Materiales	114
IV.4.1.1. Equipo	114
IV.4.2. Material Biológico	114
IV.4.2.1. Frutos.	114
IV.4.3. Métodos.	114
IV.4.3.1. Registro de Condiciones Ambientales en la Cámara.	114
IV.4.3.2. Manejo de Muestras.	114
IV.4.3.3. Calidad de Frutos.	114
IV.4.3.4. Análisis Estadístico.	114
<b>IV.5. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	115
IV.5.1. Condiciones Ambientales de la Cámara de Atmósferas Controladas.	115
IV.5.2. Daños.	115
IV.5.3. Peso Perdido.	117
IV.5.4. Firmeza.	119
IV.5.5. Color Externo e Interno.	125
<b>IV.6. CONCLUSIONES.</b>	
<b>V. CONCLUSIONES GENERALES</b>	126
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	126
<b>VII. PESPECTIVAS</b>	127
<b>VIII. BIBILOGRAFIA</b>	128
<b>IX. APENDICE</b>	136

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.1	Atmósferas controladas a 44°C para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> .	18
1.2	Mortalidad corregida de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> expuestas <i>in vitro</i> a atmósferas controladas a 44°C.	20
1.3	Mortalidad corregida de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> en frutos infestados expuestos a atmósferas controladas a 44°C.	22
2.1	Atmósferas controladas evaluadas en el control de insectos	31
2.2	Condiciones de temperatura, tiempo y concentraciones de los gases evaluadas para obtener la mortalidad de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> .	37
2.3	Mortalidad corregida (%) de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> a 44°C por 160 min.	44
2.4	Separación de medias de la mortalidad corregida en atmósferas evaluadas a 44°C por 160 min. para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> .	45
2.5	Separación de medias de la mortalidad corregida en atmósferas evaluadas a 44°C por 160 min. para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> .	46
2.6	Mortalidad corregida (%) de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> a 48°C por 160 y 220 min.	50
2.7	Separación de medias de la mortalidad corregida en atmósferas evaluadas a 48°C por 220 min. para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> .	51
2.8	Mortalidad corregida (%) de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> a temperaturas mayores de 50°C por 240 min.	58
2.9	Separación de medias de la mortalidad corregida en atmósferas evaluadas a temperaturas mayores de 50°C por 240 min. para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> .	59
2.10	Mortalidad de huevos de <i>Anastrepha obliqua</i> expuestos en 0% O <sub>2</sub> + 50 % CO <sub>2</sub> a temperaturas mayores de 50°C por 240 min y su análisis probit.	60
2.11	Mortalidad corregida promedio (%) de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> , causada por AC a diversas temperaturas (°C) y tiempos (min.).	61
2.12	Mortalidad corregida promedio, de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> causada por la atmosfera controlada (0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> ) y diversas temperaturas y tiempos	67
2.13	Separación de medias de la mortalidad corregida de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> expuestos a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> y alta temperatura	68
2.14	Análisis de regresión de la mortalidad corregida de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> expuestos a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a temperatura alta	69

2.15	Temperatura letal de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> expuestos a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a temperatura alta	70
2.16	Tiempo letal de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> expuestos a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a temperatura alta	71
2.17	Mortalidad corregida promedio (%) de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> causada por AC a diversas temperaturas (°C) y tiempos (min)	73
3.1	Condiciones de temperatura alta evaluadas para el control de moscas de la fruta en diversos frutos.	79
3.2	Condiciones de atmosferas controladas evaluadas en productos infestados para el control de plagas	81
3.3	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> con 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min en frutos de mango Manila infestados artificialmente.	99
3.4	Temperatura letal de larvas de <i>Anastrepha ludens</i> en frutos infestados artificialmente expuestos en 0% O <sub>2</sub> 50 % CO <sub>2</sub> a 35 – 43°C por 160 min	100
3.5	Mortalidad de larvas* de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> en frutos de mango Manila expuestos a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> y diversas temperaturas por 160 min	101
3.6	Mortalidad de huevos* de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> en frutos de mango Manila expuestos a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> y diversas temperaturas por 160 min	101
4.1	Peso perdido (%) de frutas de mango Manila expuestos a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> diversas temperaturas por 160 min y almacenados durante 10 y 20 días a 10°C	117
4.2	Separación de medias de la perdida fisiológica de peso de frutos de mango Manila expuestos a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min.	117
4.3	Separación de medias de la calidad de frutas de mango Manila expuestas a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> , diversas temperaturas por 160 min y almacenadas durante 10 y 20 días a 10°C	118
4.4	Firmeza (N) de frutas de mango Manila expuestos a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> diversas temperaturas por 160 min y almacenados durante 10 y 20 días a 10°C	119
4.5	Separación de medias de la firmeza (N) de frutos de mango Manila expuestos a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min.	119
4.6	Color externo de frutas de mango Manila expuestos a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> diversas temperaturas por 160 min y almacenados durante 10 y 20 días a 10°C	120
4.7	Color interno de frutas de mango Manila expuestos a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> diversas temperaturas por 160 min y almacenados durante 10 y 20 días a 10°C	121
4.8	Separación de medias del color externo e interno de frutos de mango Manila expuestos a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min.	122

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.1	Zonas productoras de mango ( <i>Mangifera indica</i> L.) en México. (SARH, 1993)	3
1.2	Condiciones de la cámara de atmósferas controladas en la evaluación de aire a 44°C por 160 min para el control de: (A) larvas de <i>A. obliqua</i> y (B) huevos, larvas de <i>A. ludens</i> y frutos de mango Manila infestados artificialmente	19
1.3	Condiciones de la cámara de atmósferas controladas durante la evaluación de (A). 14.8% O <sub>2</sub> + 7.2% CO <sub>2</sub> a 44°C por 120 min y (B). 15.1% O <sub>2</sub> + 20.6% CO <sub>2</sub> para el control de larvas de <i>A. obliqua</i> y huevos, larvas y frutos infestados de <i>A. ludens</i> .	21
2.1	Ciclo biológico de las moscas de la fruta del género <i>Anastrepha</i> (Aluja, 1993).	25
2.2	Especies de <i>Anastrepha</i> (Diptera:Tephritidae) que infestan al fruto de mango en México. (A). <i>A. ludens</i> (Loew) y (B). <i>A. obliqua</i> (Macquart). Aluja, 1993.	27
2.3	Distribución geográfica en México de las especies de moscas de la fruta que infestan el mango. (▲) Mosca de las ciruelas <i>A. obliqua</i> (M.) y (●) Mosca mexicana de la fruta <i>A. ludens</i> (L.) (Hernández-Ortiz, 1992).	28
2.4	Evaluación de (A) aire a 44°C por 160 min y (B) repetición para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i>	39
2.5	Evaluación de (A) la AC 0% O <sub>2</sub> a 44°C por 160 min y (B) repetición para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i>	40
2.6	Evaluación de (A) la AC 13% O <sub>2</sub> + 20% CO <sub>2</sub> a 44°C por 160 min y (B) repetición para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i>	42
2.7	Evaluación de (A) la AC 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 44°C por 160 min y (B) repetición para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> .	43
2.8	Evaluación de (A) aire a 48°C por 220 min y (B) repetición para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> .	47
2.9	Evaluación de (A) la AC 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 48°C por 220 min y (B) repetición para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> .	48
2.10	Evaluación de la AC 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 48°C por 160 min para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> .	49
2.11	Evaluación de (A) aire y (B) 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 51°C por 240 min para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i>	53
2.12	Evaluación de (A) aire y (B) 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 52°C por 240 min para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i>	54
2.13	Evaluación de (A) aire y (B) 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 54°C por 240 min para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i>	55

2.14	Evaluación de (A) aire y (B) 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 55°C por 240 min para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i>	57
2.15	Evaluación de 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 44°C por 240 min para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i>	62
2.16	Evaluación de 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 44°C por (A) 80 y (B) 160 min para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i>	63
2.17	Evaluación de 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 44°C por (A) 240 min y (B) Repetición para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i>	64
2.18	Evaluación de 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 48°C por (A) 80, (B) 160 y (C) 240 min para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i>	65
2.19	Evaluación de 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 58°C por (A) 80, (B) 160 y (C) 240 min para el control de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i>	66
3.1	Evaluación de 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a: (A) 35 y (B) 37°C por 160 min para el control de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> en frutos de mango Manila infestación artificial.	86
3.2	Evaluación de 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a: (A) 39 y (B) 40°C por 160 min para el control de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> en frutos de mango Manila infestación artificial.	87
3.3	Evaluación de 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a: (A) 40 y (B) 42 °C por 160 min para el control de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> en frutos de mango Manila con infestación artificial	88
3.4	Evaluación de 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a: (A) y (B) 44°C por 160 min para el control de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> en frutos de mango Manila con infestación artificial.	89
3.5	Evaluación de 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a: (A) 45 y (B) 46°C por 160 min para el control de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> en frutos de mango Manila con infestación artificial.	90
3.6	Evaluación de 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a: (A) 47 y (B) 48°C por 160 min para el control de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> en frutos de mango Manila con infestación artificial.	91
3.7	Evaluación de 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a: 49°C por 160 min para el control de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> en frutos de mango Manila con infestación artificial.	92
3.8	Evaluación de 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a: (A) 39 y (B) 40°C por 160 min para el control de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> en frutos de mango Manila con infestación natural.	93
3.9	Evaluación de 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a: (A) 42 y (B) 43°C por 160 min para el control de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> en frutos de mango Manila con infestación natural.	94
3.10	Evaluación de 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a: (A) 44 y (B) 45°C por 160 min para el control de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> en frutos de mango Manila con infestación natural	95
3.11	Evaluación de 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a:(A) 37 y (B) 39°C por 160 min para el control de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> en frutos de mango Manila con infestación natural.	96

3.12	Evaluación de 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a:(A) 40 y (B) 42°C por 160 min para el control de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> en frutos de mango Manila con infestación natural.	97
3.13	Evaluación de a: (A) 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> 43 y (B) Aire a 43°C por 160 de mango Manila con infestación natural min para el control de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> en frutos.	98
4.1	Grado de daño por escaldado en frutos de mango Manila expuestos a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 40, 42-49°C por 160 min Almacenados a 10°C (A) por 10 días y (B) 20 días	116

## INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

Cuadro		Página
A.1.1.	Dieta artificial para cria de larvas de <i>Anastrepha obliqua</i> y <i>A. ludens</i> .	139
A.1.2.	Peso (g) de frutos de mango Manila infestados	140
A.1.3.	Mortalidad de huevos de <i>A. ludens</i> expuestos a atmósferas controladas a 44°C	141
A.1.4.	Mortalidad de larvas de <i>A. ludens</i> expuestos a atmósferas controladas a 44°C	141
A.1.5.	Mortalidad de larvas de <i>A. ludens</i> y <i>A. obliqua</i> expuestas a atmósferas controladas a 44°C.	141
A.2.1.	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por aire a 44°C por 160 min.	142
A. 2.2	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por aire a 44°C por 160 min	142
A.2.3	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> a 44°C por 160 min.	143
A.2.4	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> a 44°C por 160 min.	143
A.2.5	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 13% O <sub>2</sub> + 20 % CO <sub>2</sub> a 44°C por 160 min	144
A.2.6	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 13% O <sub>2</sub> + 20 % CO <sub>2</sub> a 44°C por 160 min	144
A.2.7	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 44°C por 160 min.	145
A. 2.8	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 44°C por 160 min	145
A. 2.9	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por aire a 48°C por 220 min	146
A. 2.10	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por aire a 48°C por 220 min	146
A. 2.11	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 48°C por 220	147
A. 2.12	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 48°C por 220 min	147
A. 2.13	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 48°C por 160 min	148
A. 2.14	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 48°C por 160 min	148
A. 2.15	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por aire a 51°C por 240 min.	149
A. 2.16	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por aire a 51°C por 240 min.	149
A. 2.17	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 51°C por 240 min	150

A. 2.18	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 51°C por 240 min	150
A. 2.19	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por aire a 52°C por 240 min.	151
A. 2.20	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por aire a 52°C por 240 min.	151
A. 2.21	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 52°C por 240 min	152
A. 2.22	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 52°C por 240 min	152
A. 2.23	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por aire a 54°C por 240 min.	153
A. 2.24	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por aire a 54°C por 240 min.	153
A. 2.25	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 54°C por 240 min	154
A. 2.26	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 54°C por 240 min	154
A. 2.27	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por aire a 55°C por 240 min.	155
A. 2.28	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por aire a 55°C por 240 min	155
A. 2.29	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 55°C por 240 min	156
A. 2.30	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 55°C por 240 min	156
A. 2.31	Mortalidad de huevos y larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 40°C por 240 min	157
A. 2.32	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 44°C por 80, 160 y 240 min	158
A. 2.33	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 44°C por 80, 160 y 240 min	159
A. 2.34	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 48°C por 80, 160 y 240 min	160
A. 2.35	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 48°C por 80, 160 y 240 min	161
A. 2.36	Mortalidad de huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 50°C por 80, 160 y 240 min	162
A. 2.37	Mortalidad de larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> por 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a 50°C por 80, 160 y 240 min	163
A.3.1	Dieta artificial para alimentacion de adultos de <i>Anastrepha</i> .	164
A.3.2	Peso promedio del fruto de mango Manila infestados y mortalidad observada de larvas de <i>A. obliqua</i> expuestas a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min.	165
A.3.3	Peso promedio del fruto de mango Manila infestados y mortalidad observada de larvas de <i>A. ludens</i> expuestas a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min.	166

A.3.4	Peso promedio de frutos de mango Manila infestados con larvas de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> expuestos a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min.	167
A.3.5	Peso promedio de frutos de mango Manila infestados con huevos de <i>A. obliqua</i> y <i>A. ludens</i> expuestos a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min.	167
A.4.1	Pesos de frutos de mango Manila expuestos a 0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min	168

## CAPITULO I.

### ESTUDIOS PRELIMINARES DE ATMOSFERAS CONTROLADAS A TEMPERATURA ALTA PARA EL CONTROL DE HUEVOS Y LARVAS DE *Anastrepha obliqua* Y *A. ludens*

#### RESUMEN

Con el objetivo de demostrar el potencial de las atmósferas controladas y temperatura alta para controlar huevos y larvas de *Anastrepha obliqua* y *A. ludens* se evaluaron las combinaciones de aire a 44°C durante 160 min y cada una de las siguientes atmósferas: 14.8% O<sub>2</sub> + 7.2 % CO<sub>2</sub> y 15.1% O<sub>2</sub> + 20.6% CO<sub>2</sub> a 44°C por 120 min. Se desarrollaron ensayos *in vitro* con larvas de *A. obliqua* y huevos y larvas de *A. ludens*, ensayos *in vivo* con larvas de las dos especies en frutos de mango 'Manila' infestados artificialmente. Las muestras se expusieron a las condiciones evaluadas, se enfriaron a temperatura ambiente y se registraron los sobrevivientes. En huevos los sobrevivientes fueron los que completaron su desarrollo embrionario, con la presencia de las mandíbulas características de la larva próxima a emerger y en larvas las que conservaron su movilidad. El porcentaje de mortalidad observado se corrigió con respecto a un control y se aplicó el análisis de varianza. El porcentaje de mortalidad de huevos de *A. ludens* fue del 100% en aire a 44°C por 160 min y menor cuando se expusieron a la combinación de las atmósferas a la misma temperatura por 120 min, aunque no hubo diferencia estadística entre los efectos de las tres combinaciones. El porcentaje de mortalidad de larvas fue del 100%, tanto en los ensayos *in vitro* como *in vivo*. Se concluyó que las atmósferas controladas tienen gran potencial para controlar huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* y que los huevos fueron menos susceptibles que las larvas a las condiciones expuestas.

#### I.1. INTRODUCCION

El mango es una fruta perecedera que enfrenta serios problemas de plagas, lo que hace difícil su comercialización, principalmente por la presencia de infestaciones por moscas de la fruta, como *Anastrepha obliqua* (Macquart) y *A. ludens* (Loew), las cuales son nativas de América tropical, esto ha creado un problema cuarentenario para proteger las zonas libres de estos insectos.

Existen diversos métodos para el control de moscas de la fruta en mango, tanto en pre como en postcosecha. En precosecha se controla el adulto con los métodos de control cultural y químico. En postcosecha el control del insecto depende de las restricciones comerciales de los países consumidores. Inicialmente se utilizaba el fumigante dibromuro de etileno (EDB), que a pesar de ser efectivo, fácil y económico para el control de plagas, en 1984 se prohibió su uso debido a sus propiedades cancerígenas (Sharp, 1986). Actualmente se usa el bromuro de metilo

(MB) el cual será retirado del mercado; aunado a lo anterior, el costo para desarrollar nuevos insecticidas es alto (Burditt, 1982; Couey, 1989).

El fruto de mango Manila es infestado por moscas de la fruta *A. obliqua* y *A. ludens*, y debido a la importancia económica del fruto, se han desarrollado sistemas cuarentenarios basados en el uso de la temperatura alta para el control de dichas especies (Sharp, 1986 y Mangan e Ingle, 1992). Sin embargo, existe la alternativa de utilizar las atmósferas controladas con temperaturas altas.

Por otro lado, se ha demostrado que el fruto de mango tolera la combinación de atmósferas controladas y temperaturas altas (Yahia y Vázquez-Moreno, 1993). En este capítulo se reportan los resultados preliminares de la evaluación de atmósferas controladas a temperatura alta en un tiempo corto de aplicación.

## I.2. REVISION DE LITERATURA

### I.2.1. Importancia del Cultivo de Mango

El mercado de exportación para frutas y hortalizas, entre las cuales se encuentra el mango (*Mangifera indica* L.), tiene gran importancia para nuestro país. A pesar de que el mercado internacional presenta variación año con año, es importante señalar que hasta 1992 habían crecido las exportaciones; en los años de 1993 y 1994 tendieron a disminuir, pero se espera que tengan una tendencia a incrementarse. El mango mexicano tiene gran potencial internacional por su buena calidad y la baja superficie sembrada de otros países productores; pero para incrementar las expectativas de exportación además de la investigación tecnológica, es necesario continuar con las campañas de control integrado. (Mata y Mosqueda, 1995).

Internacionalmente, México ocupa el segundo lugar como productor de mango, con 1, 461, 348 ton y los países a los cuales se exporta son principalmente Estados Unidos y Canadá con las variedades 'Haden', 'Tommy Atkins', 'Keitt' y 'Kent'. En otros mercados como el Japón, las variedades poliembriónicas como 'Carabao' o Manila tienen un gran potencial. En el mercado de los países de la Comunidad Europea, que aún no es dominado por ningún país productor, el mango mexicano tiene buena aceptación. En el mercado nacional se consumen, aunque en menor grado, además otras variedades como 'Ataulfo' y 'Oro' (FAO, 1998; Mata y Mosqueda, 1995).

El mango tiene gran importancia económica en México ya que por superficie plantada, su cultivo ocupa el segundo lugar entre los frutales tropicales producidos en el país, con 150, 000 ha y un rendimiento promedio de 10.5ton/ha-año (FAO, 1998; Díaz y González, 1995).

La producción comercial de mango en México se encuentra principalmente en dos zonas productoras; en la del pacífico se cultivan las variedades introducidas de Florida como son Haden, Tommy Atkins, Keitt y Kent. En la región del Golfo de México y sureste del país los estados de Veracruz, Chiapas y Oaxaca producen las variedades Manila, Ataulfo y Oro respectivamente. El estado de Veracruz es el productor más importante, con una superficie sembrada de 33, 190 ha de la variedad Manila, favorito para el consumo nacional, con un rendimiento promedio de 8.5 ton/ha-año (Fig. 1.1) (FIRA, 1997; Díaz y González, 1995). Esta variedad aunque tiene fuerte potencial, no se ha comercializado en el extranjero por presentar problemas en manejo postcosecha.

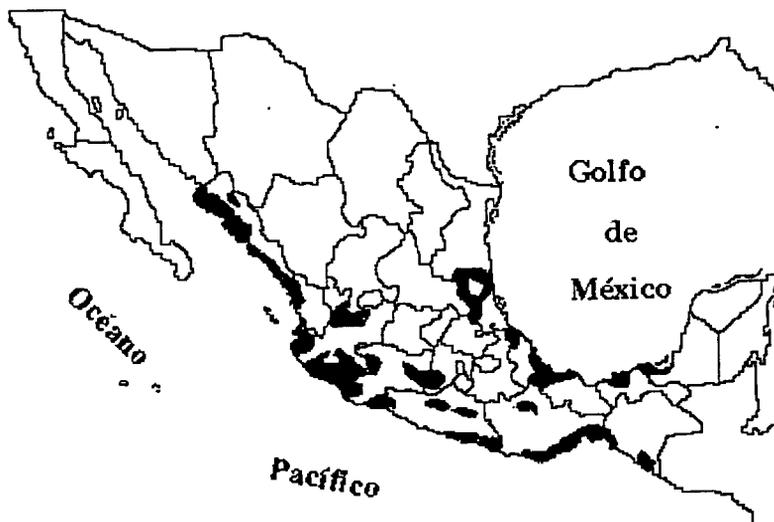


Figura 1.1. Zonas productoras de mango (*Mangifera indica* L.) en México. (SARH, 1993)

## **I.2.2. Problemas en el Manejo Postcosecha.**

I.2.2.1. Patológicos. Los principales problemas fitopatológicos en el cultivo de mango son ocasionados por hongos y en postcosecha se pueden observar las repercusiones de las infecciones adquiridas en precosecha. La infección de mayor significancia económica es la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporoides* Penz. Penz & Sacc. in Penz) (Campbell, 1994; Becerra, 1995).

Diversas partes vegetativas de la planta son dañadas por la antracnosis, inclusive los frutos pequeños y los maduros. En postcosecha la infección es latente y se origina en las lenticelas y tejidos adyacentes cuando el fruto está verde. Por lo tanto, se manifiesta a los tres o cuatro días después del corte, durante el transporte, el almacenamiento y aún en la comercialización (Campbell, 1994; Becerra, 1995).

La lesión por antracnosis se concentra cerca de la inserción del pedúnculo y se manifiesta como manchas pequeñas, que se unen formando áreas necrosadas irregulares en forma y tamaño; son ligeramente sumergidas en relación con el tejido sano y con penetración a la pulpa del fruto. Estas manchas aumentan durante la maduración de la fruta y se presenta la pudrición (Becerra, 1995).

Otra enfermedad postcosecha que se presenta en mango es la pudrición del pedúnculo ("stem end rot") causada por *Diplodia natalensis* P. Evans; esta patología particularmente se presenta en mangos prematuramente cosechados o cosechados al inicio de la temporada y progresa rápidamente. El área del tallo que está infectada se torna ligeramente café, blanda y se llena de agua (aguañosa) (Campbell, 1994).

I.2.2.2. Plagas. La calidad del fruto de mango es afectada por varias plagas como la papalota (*Hansenia pulverulenta*), la escama (*Coccus mangifera*), el piojo harinoso (*Planococcus* spp), la araña roja (*Oligonychus* sp) y las moscas de la fruta del género *Anastrepha*. Esta última plaga es la de mayor importancia económica, debido al daño que las larvas ocasionan al fruto y que causan grandes pérdidas postcosecha. Las moscas de la fruta muestran un gran dinamismo de invasión constante, una gran diversidad de biomas y de ecosistemas permiten que se alimenten de diversas frutas, por lo que los métodos de control, aunque sean adaptables, no funcionan igualmente en todos los lugares (Aluja, 1993; Mata y Mosqueda, 1995).

A pesar de los esfuerzos realizados por numerosos investigadores tanto en México

como en otros países; desde 1920 hasta la fecha, los problemas provocados por las moscas de la fruta en México, solo han encontrado una solución parcial. Los programas de control están basados en medidas culturales, en aplicaciones insecticida-cebo y en la técnica del insecto estéril; el problema es muy complejo y solo se han logrado éxitos espectaculares en algunas áreas aisladas como en Nuevo León y Baja California (Aluja, 1993).

Los métodos de control que actualmente se aplican para las moscas del género *Anastrepha* en precosecha son el control biológico, la técnica del insecto estéril, el control químico; los cuales son aplicados por los productores en las huertas, especialmente dirigidos para controlar el adulto. Entre los métodos de control en postcosecha está el control legal, el tratamiento hidrotérmico y el tratamiento con aire seco forzado, aprobado recientemente por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Aluja, 1994).

I.2.2.3. Calidad. Durante la maduración se presenta la etapa de madurez comestible, que es cuando el fruto se transforma de uno fisiológicamente maduro incomedible en uno comestible, visualmente atractivo y con aroma y sabor característicos, se presenta entre la maduración y las primeras etapas de la senescencia. En la etapa de postcosecha se presentan algunos desórdenes fisiológicos como resultado del desequilibrio en el metabolismo, inducidos por factores pre o postcosecha. Entre estos últimos, además del índice de cosecha también influyen el manejo y la aplicación de tratamientos cuarentenarios y causan por ejemplo: daño por frío que pueden llevar a cambios de textura color o aroma (Wills y col. 1989).

### **I.2.3. Sistemas Cuarentenarios**

Un tratamiento cuarentenario es cualquier acción individual que pueda ser usada para desinfestar productos agrícolas. Un hospedero cuarentenario es cualquier producto agrícola que, en una o más de sus etapas de crecimiento pueda ser naturalmente infestado en el campo y soportar el desarrollo. Un sistema cuarentenario consiste de una o varias acciones individuales o tratamientos secuenciales, cuyos efectos combinados se requieren para desinfestar productos agrícolas hospederos de plagas. Estos sistemas necesitan un grado de probabilidad estadística para desinfestar los productos agrícolas, de tal manera que al ser transportados no propicien el establecimiento de la plaga en cualquier área donde no exista, esto es la seguridad cuarentenaria (Paull y Armstrong, 1994).

I.2.3.1. Requisitos del Sistema Cuarentenario. Un tratamiento cuarentenario ideal debe ser altamente confiable, inocuo al producto y sus consumidores, económico de aplicar y administrar; con el propósito de evitar la introducción accidental de plagas, por medio de frutos infestados, a las áreas donde no se encuentran. Por lo tanto los frutos deben ser tratados con técnicas apropiadas para eliminar cualquier plaga de importancia cuarentenaria, sin dañar la calidad del fruto hospedero (Couey, 1983).

Para que un tratamiento postcosecha para el control de plagas sea aceptado como cuarentenario debe cubrir los siguientes requisitos mínimos:

1. Debe ser efectivo contra la plaga. Dicha efectividad debe ser establecida con la consideración del daño potencial que causa la plaga, tanto al fruto como a la agricultura; debe proporcionar una mortalidad de 99.9968 % bajo el sistema de Probit 9 o sea, 3 sobrevivientes o menos en una población de 100, 000 insectos.

2. No debe tener efectos adversos en la calidad, durante el almacenamiento o en la composición del fruto a tratar.

3. No debe dejar residuo en el fruto que pueda causar daño al consumidor, ni reaccionar de tal manera que ocasionen cambios en la composición química.

4. Debe poder aplicarse sin causar daño al personal involucrado en su manejo.

5. Debe ser fácil de implementar y de aplicar, que se desarrolle en un corto tiempo y de bajo costo; de tal manera que el tiempo de procesamiento y el costo sean mínimos.

Uno de los problemas más difíciles en el desarrollo de los tratamientos cuarentenarios es el de utilizar un método estadístico apropiado para que se alcance el éxito. Se ha utilizado el análisis llamado "Probit 9" que consiste básicamente de la media de las unidades de desviación estandar de una distribución normal, mas 5 para hacer el valor positivo, que debe incluir el 99.9968% de todas las posibles observaciones de una población de 100, 000 insectos (Couey, 1983).

I.2.3.2. Tipos de Sistemas Cuarentenarios. Existen varios tipos de tratamientos cuarentenarios para matar las moscas de la fruta, que además pueden ser combinaciones de dos o más tratamientos cuarentenarios (Burditt, 1982).

I.2.3.2.1. Fumigantes. Un fumigante es un compuesto tóxico que actúa en estado gaseoso y que en las frutas y hortalizas se utiliza en una concentración letal, durante el tiempo suficiente para destruir una plaga. La susceptibilidad de la plaga al fumigante puede ser

diferente, de acuerdo con las especies y el estado más vulnerable. El factor que tiene mayor influencia en la eficacia del fumigante es la temperatura, ya que incrementa el metabolismo del insecto y éste muere más rápidamente bajo ciertos niveles de temperatura (Price, 1985).

Los fumigantes más ampliamente aplicados en frutas y hortalizas han sido el bromuro de metilo (BM) y el dibromuro de etileno (DBE), ya que son tolerados por los frutos a las concentraciones que se utilizan para controlar a los insectos, son fáciles de aplicar y económicos. El BM es un gas incoloro e inodoro, no es flamable en el aire, es estable y no corrosivo. Este fumigante no es tan tóxico para los insectos como otros, pero penetra rápida y profundamente, además es peligroso debido a que es inoloro e inodoro, por lo que han ocurrido envenenamientos accidentales en el hombre; la exposición a concentraciones subletales resultan en síntomas neurológicos, mientras que a concentraciones mayores causan daños circulatorios. La exposición dermal puede causar severo ampullamiento de la piel (Stark, 1994).

El DBE es un fumigante muy eficiente, incoloro, no flamable con un olor semejante al cloroformo, es muy tóxico para insectos, humanos y otros mamíferos. En insectos no se presentan síntomas de envenenamiento después de una exposición letal y su muerte puede ocurrir varios días después. En mamíferos la respuesta también es retrasada y asociada con fallas respiratorias y paros cardíacos. Se usaba ampliamente como fumigante en frutas y hortalizas, *pero* sus propiedades carcinogénicas condujeron a su prohibición legal en los EUA; sin embargo aún se emplea en algunos países (Stark, 1994).

En la fumigación de chabacanos, nectarinas, duraznos y ciruelas con BM para el control de *Ceratitidis capitata* con dosis de 24, 32 y 48 g/m<sup>3</sup> por 2.5, 1.5 y 1.0 h, respectivamente; no hubo sobrevivientes a pesar de que las poblaciones fueron muy grandes (375, 343-405, 331 larvas) en diferentes cantidades de frutas. No más de 3 sobrevivientes por una población estimada de 100, 000 larvas fue el estándar para estimar el nivel de confianza (Armstrong y Couey, 1984).

I.2.3.2.2. Bajas Temperaturas. Para aplicar las bajas temperaturas como tratamiento para el control de insectos o sea, el uso de una temperatura por debajo del límite tolerado por el insecto, en un estado dado de su ciclo biológico; depende de que el fruto hospedero del insecto tolere la temperatura de exposición, ya que las bajas temperaturas pueden dañar a dicho fruto (daño por frío). Solo son candidatos a este tratamiento aquellos que soportan temperaturas bajas como la carambola, los cítricos, el kiwi, el mangostan, la manzana, la pera, las drupáceas

(durazno, ciruela, cereza) (Paull y Armstrong, 1994).

Por lo tanto, la combinación de bajas temperaturas con el tiempo requerido para matar al insecto puede ser excesiva para el fruto hospedero y así puede dañarlo o disminuir su vida de anaquel. Esto es una limitante para utilizar las bajas temperaturas como tratamiento cuarentenario (Couey, 1982; Couey, 1989).

Generalmente el daño por frío es una respuesta metabólica y fisiológica de la fruta que depende de su sensibilidad. Alteraciones debidas al daño por frío incluyen cambios en la estructura y función de la membrana, modificación de las tasas respiratorias y de producción de etileno, cambios bioquímicos y de composición. Los síntomas de daño por frío se manifiestan y aparentemente se incrementan cuando el producto se transfiere a temperaturas no dañinas. Se presentan como lesiones en la superficie, decoloración interna (oscurecimiento), degradación de los tejidos y aceleración de la senescencia, entre otros (Morris, 1982).

Los frutos tropicales como el mango son altamente sensibles al daño por frío, que se caracteriza por una coloración grisácea, una decoloración, escaldado de la piel, deficiencia para madurar, maduración no uniforme, un sabor pobre, lastimaduras e incremento de la susceptibilidad a la marchitez. Los daños severos ocurren cuando el mango es almacenado a temperaturas menores de 10°C por 3-5 días. El daño por frío se evalúa principalmente por medios subjetivos; ya que mediciones objetivas son a menudo difíciles de evaluar (Couey, 1982).

El tiempo necesario para que se manifiesten los daños es variable entre las variedades; las variedades asiáticas de mango pueden almacenarse a temperaturas menores de 10°C; generalmente por 2-4 semanas y maduran normalmente cuando se regresan a temperatura ambiente. Los daños fisiológicos consisten en una coloración café en la piel, que a menudo avanza a la pulpa; puede presentarse un desarrollo pobre del color y del sabor, cuando el fruto llega a madurar (Mendoza y Wills, 1984).

Las regulaciones de los organismos de sanidad vegetal a nivel internacional, autorizan tratamientos cuarentenarios por frío a 1.7°C (35°F) ó menos por 14 días, para cuarentena de fruto infestado con especies de *Anastrepha* diferentes de *A. ludens* (Benchoter, 1984).

La tolerancia del fruto de mango a bajas temperaturas, para un largo almacenamiento, depende del tiempo de corte dentro de la temporada de cosecha. Las temperaturas que se consideran óptimas para almacenar mango son de 12 y 13°C. Los frutos cosechados al inicio y

a la mitad de la temporada y se mantienen por 21 días a 12°C cuando se cosechan maduros y medio maduros. Hacia el final de la temporada toleran 10°C por 21 días, cuando se cosechan medio maduros. Independientemente de la temperatura de almacenamiento, los frutos deben transferirse de 20 a 25°C para completar su maduración y desarrollar completamente todo su potencial de calidad (Medlicott y col., 1990)

Las larvas de *Bactocera tryoni* (Froggatt) generalmente, son menos tolerantes a las bajas temperaturas que las de *C. capitata*. En naranja se obtuvo el 100% de mortalidad de *D. tryoni* a temperaturas de 1.0-1.5°C, el estado de huevo fue el más susceptible para ambos insectos. Para matar la mosca del Caribe (*A. suspensa*) en carambola se obtuvo la mortalidad (probit 9) a los 13 y 21 días de exposición a 1.1°C y 5°C, respectivamente (Hill y col., 1988; Gould y Sharp, 1990).

El fruto de mango presenta una alta incidencia de enfermedades cuando se almacena a bajas temperaturas, como la pudrición del pedúnculo causado por *Botryodiplodia theobromae* entre otros (Medlicott y col. 1990).

I.2.3.2.3. Irradiación. El tratamiento cuarentenario por irradiación se basa en la aplicación de rayos  $\gamma$  de Cobalto-60 o de rayos X. Aún cuando este tipo de tratamiento ha mostrado efectividad en algunos estados inmaduros de moscas de la fruta, huevos y larvas, resulta fitotóxico, causa quemaduras y reduce el contenido de algunos nutrientes como la vitamina C (Burditt Jr., 1982).

Los rayos  $\gamma$  producidos por Cobalto-60 y Cesio-137 causan ionizaciones cuando colisionan con la materia, liberan los radicales libres que causan daños a la célula al producir variaciones en los eventos celulares, particularmente con los productos de alto contenido de agua (85-90 %). La muerte celular se relaciona con el daño al material genético, cuando los eventos que ocurren en el ADN alteran o destruyen el código genético. La dosis de irradiación requerida para matar un insecto, en cualquiera de sus etapas de desarrollo, depende de la especie del insecto y ésta varía entre 0.25-1.0 Kgray (KGy). La dosis mínima para un tratamiento cuarentenario es de 0.3 KGy, excepto cuando se tenga evidencia de que una dosis menor es eficaz (Paull y Armstrong, 1994).

Los efectos de irradiación en frutas y hortalizas pueden ser inmediatos o presentarse como consecuencia de las alteraciones en la fisiología. Las radiaciones pueden retardar la maduración y desarrollar aromas y sabores indeseables, causar el ablandamiento, que puede ser

excesivo durante el manejo y aumentar la susceptibilidad a enfermedades y oscurecimiento o muerte del tejido (Sommer y Mitchell, 1986).

La papaya puede tolerar hasta 1 KGy antes de que sufra escaldado en la superficie y hasta 2 KGy sin interrumpir el desarrollo de color, sabor y aroma, sin embargo no soporta de 4 KGy a 5KGy porque se degrada el tejido. A pesar de lo anterior, a 0.75 KGy se considera la dosis óptima para retener la textura (Paull, 1994).

Algunas variedades de mango y otras frutas desarrollan oscurecimiento, escaldado, decoloración en la superficie o en la pulpa con dosis de 0.5 KGy; así mismo, el ablandamiento del mango es significativo a dosis menores de 1.0 KGy (Spalding y Windeguth, 1988).

La irradiación de mangos preclimáticos con dosis de 0.25-1.0 KGy causa un incremento inmediato en la tasa respiratoria seguido de una disminución al nivel de los no irradiados y con dosis de 0.075 a 0.600 KGy se disminuye la producción del dióxido de carbono. El inicio del período climatérico se retrasa 4 días cuando el fruto se expone a dosis mayores de 0.5 KGy y el pico climatérico es retrasado casi dos días, por la irradiación con dosis de 0.5-1.0 KGy. Los frutos de la variedad Tommy Atkins irradiados (0.15-1.5 KGy) presentaron menor coloración en la piel que los mangos no irradiados (Morris y Jessup, 1994).

Se ha hecho mucha publicidad a la aplicación de la radiación y como un tratamiento seguro y efectivo para el control de insectos, pero desde el punto de vista económico y logístico, aún no está listo para su uso comercial como tratamiento cuarentenario (Kader, 1986a).

Los efectos de la irradiación sobre los insectos se presentan en su etapa de desarrollo y son proporcionales al grado de actividad reproductiva de las células y al nivel de diferenciación de ellas. Los daños pueden expresarse como un desarrollo tardío, o pueden ser causados al tejido digestivo, en el sitio de absorción y digestión del alimento; el daño al tejido nervioso puede aparecer en el período de eclosión y en los cambios de comportamiento, estos últimos pueden ser el indicador más sensible a los daños por la irradiación (Nation y Burditt Jr., 1994).

La irradiación tiene potencial para el control de enfermedades, generalmente, se requieren dosis mínimas de 1.75 KGy para una inhibición efectiva de los hongos en postcosecha. Dosis de 2.25 KGy son las máximas que los productos frescos pueden tolerar ya que se presentan pérdida de firmeza, anomalías en la maduración, alteraciones en el sabor e incremento en la susceptibilidad a daños mecánicos (Kader, 1986b).

I.2.3.2.4. Temperaturas Altas. Es un tratamiento que consiste en incrementar la temperatura de la fruta, por encima de los límites de tolerancia del estado del ciclo biológico del insecto que se quiere controlar. La aplicación de altas temperaturas puede causar daños a los frutos hospederos, al disminuir su calidad o reducir su vida de almacén. El desarrollo de un tratamiento cuarentenario por calor se basa en los modelos de calentamiento que ayudan a determinar la fitotoxicidad y la mortalidad de la plaga (Hansen, 1992).

El calor puede ser aplicado a frutas y hortalizas de diferentes maneras: por exposición al agua caliente, aire saturado con vapor de agua (vapor caliente) y aire seco caliente. Todas han sido sugeridas y usadas experimentalmente, pero los sistemas que han sido usados como tratamientos postcosecha, para el control de moscas de la fruta en mango, son el vapor y el agua caliente (hidrotérmico) (Paull y Armstrong, 1994).

Diversas temperaturas aprobadas por el Departamento de Sanidad Vegetal en Estados Unidos (APHIS) para distintas frutas, pueden proveer una seguridad cuarentenaria contra moscas de la fruta sin reducir la calidad de la fruta; pero su aplicación a nivel comercial puede llegar a causar daños. Entre estas temperaturas están vapor de agua a 43.3 - 43.7°C para el control de la mosca de la fruta del Caribe (*A. suspensa*), que se aplica por 5 h a toronja 'Marsh' o vapor de agua a 43.5°C por 4.25 h, para el control de la mosca del mediterráneo, oriental o del melón en papaya 'Kapoho'. Para piñas que no sean 'Smooth Cayenne' se ha aprobado el vapor agua a 44.4°C por 8.75 h (Paull y Mc Donald, 1994)

El tratamiento hidrotérmico consiste en sumergir los frutos de mango a 46.1°C por 65-90 min, el tiempo de exposición depende del peso del fruto y de las condiciones que impone el país importador. Los frutos de mango son relativamente resistentes al daño por calor y actualmente en México se utilizan 46.1°C por 75 a 90 min. Los tiempos aprobados para las variedades Tommy Atkins y Keitt varían de 1-2 h (Sharp y col., 1989; Paull y McDonald, 1994).

El tratamiento con vapor caliente se ha estudiado para controlar la mosca Oriental (*Dacus dorsalis*) en papayas y de la mosca del melón (*Dacus cucurbitae*) en melón. El tratamiento más efectivo fue de 44°C por 8.75 h. Este tratamiento ha sido aprobado para mango y papaya entre otros frutos, cuyo destino principal es el mercado japonés (Paull y Armstrong, 1994).

El aire caliente forzado fue desarrollado recientemente, para mangos var. Haden, Tommy Atkins, Kent y Keitt, entre otras frutas. La temperatura propuesta fue de 48°C en la superficie de la semilla, con el tiempo suficiente para alcanzar la seguridad cuarentenaria. Los frutos más pequeños (tamaño 14) necesitan un tiempo promedio de 101-172 min, mientras que los más grandes (tamaño 8) necesitan un rango de 138-213 min para alcanzar los 48°C. Cabe aclarar que este tratamiento presentó variaciones para alcanzar las temperaturas debido al contacto de los frutos entre sí y por la posición de los mismos en la cámara (Mangan e Ingle, 1992).

Para reducir el tiempo de calentamiento en el tratamiento con aire caliente forzado a nivel comercial, se sugieren modificaciones en la circulación del aire y en el rearreglo de los frutos dentro de la cámara (Mangan e Ingle, 1992; Shellie y col., 1993).

I.2.3.2.5. **Atmósferas Modificada (AM) y Controlada (AC).** Los tratamientos de AM consisten en la alteración de la composición del gas atmosférico normal. La AC es una atmósfera modificada que se mantiene con una pequeña variación en la composición de los gases o por la adición o remoción de ciertos gases (Hallman, 1994; Yahia, 1995).

Las AC, como tratamiento postcosecha para frutas y hortalizas, tienen un potencial para controlar insectos; bajo las condiciones de tiempos cortos de exposición a bajos niveles de O<sub>2</sub> (< 1%) y/o altos de CO<sub>2</sub> (> 20%). Estas atmósferas insecticidas deben cubrir las condiciones de tiempo requerido para obtener el 100% de mortalidad, ese tiempo varía con la especie de insecto, su estado de desarrollo, la temperatura, las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono y la humedad relativa. Se ha observado al compararse el tiempo requerido para obtener el 100% de mortalidad y la tolerancia del producto a la AC, que muchos insectos pueden morir antes de que se presenten efectos adversos en el producto (Ke y Kader, 1992).

Como tratamientos cuarentenarios las AC pueden controlar plagas externas e internas; por ejemplo, la exposición de fresas a 1.9 - 2.3% de O<sub>2</sub> y 88.9 - 90.0% de CO<sub>2</sub> a 2.5°C por 48 h controla los trips *Frankliniella occidentalis* (Pergrande); este tratamiento parece ser viable para reemplazar al bromuro de metilo (Aharoni y col., 1981).

En lo que se refiere a plagas internas, se ha obtenido el 91% de mortalidad en larvas de mosca del arándano (*Rhagoletis mendax* Curran) con una atmósfera de 2 ó 5% de O<sub>2</sub> con 98% de CO<sub>2</sub> a 5 ó 21°C por 48 h. Probablemente, los bajos niveles de O<sub>2</sub> le dan al tratamiento la

mortalidad requerida para definirse como un tratamiento cuarentenario (Prange y Lidster, 1992).

I.2.3.2.6. Tratamientos Combinados. El mayor beneficio de la combinación de tratamientos es el control de organismos patógenos, especialmente cuando algunos tratamientos se combinan con altas temperaturas. Los fungicidas aplicados con altas temperaturas son más efectivos, ya que el calor elimina las infecciones incipientes y aumenta la cobertura del fungicida. Esto se ha utilizado para mangos que se exportan de América Latina a los Estados Unidos (Couey, 1989).

La combinación de calor con irradiación puede resultar sinérgica, probablemente se causen menos daños a la calidad del producto; esta combinación ha sido efectiva para controlar la pudrición café en frutos de hueso y antracnosis en papaya y mango (Kader, 1986a).

En mango 'Kensington Pride' se aplicó el tratamiento hidrotérmico a 52°C por 5 min y después fueron irradiados a 1000 Gy en aire a intervalos de 42 min; los frutos presentaron un cambio acelerado de coloración de la piel y un retraso en la pudrición por maduración. La combinación de solución caliente de Benomil e irradiación con 0.075, 0.3, 0.6 y 1.0 KGy preservó la calidad de los frutos, con efectos fitotóxicos adversos no significativos. La calidad de los frutos no irradiados fué mejor que los tratados con cualquiera de los dos tratamientos mencionados (Jessup y col., 1988).

Por lo anterior, se hizo importante la búsqueda de alternativas de control físico como los tratamientos con calor, que se han usado para el control de plagas y enfermedades (Couey 1989). En la actualidad, en postcosecha se utiliza el calor, como tratamiento cuarentenario se usa el tratamiento hidrotérmico, que llega a causar serios daños a la fruta, como el escaldado debido a las diferencias de tamaño. Otro de los tratamientos son las irradiaciones; sin embargo, es un método muy caro y los frutos tratados no son muy aceptados por el público consumidor.

Recientemente se han desarrollado tratamientos de aire caliente forzado, para controlar la mosca del Caribe (*A. suspensa*), la mosca de los ciruelos (*A. obliqua*) y la mosca Mexicana (*A. ludens*) en toronja. Sin embargo el proceso de adaptación depende de la disminución de costos y aún no ha sido aceptado oficialmente como tratamiento cuarentenario (Mangan e Ingle, 1992; Sharp, 1992).

Otra alternativa que se ha presentado en los últimos años, son las atmósferas modificadas o controladas (AM o AC) aplicadas en diversas frutas. Los estudios han demostrado su potencial para controlar plagas, sin causar daño a algunas frutas, ni alterar

negativamente su proceso de maduración; pero falta investigación para resolver los efectos perjudiciales para el producto, que pueden ser causados por los bajos niveles de oxígeno y los altos niveles de dióxido de carbono recomendados para el control de insectos. A pesar de que existen evidencias del potencial de las AC para usarlas como atmósferas insecticidas, sin causar daño al producto, se carece de información sobre su seguridad como tratamiento cuarentenario (Ke y Kader, 1992).

Los tratamientos de AC en combinación con calor tienen un gran potencial, ya que actúan sinérgicamente para controlar insectos, debido a que el calor incrementa el metabolismo del insecto y lo hace más vulnerable. La combinación ha sido efectiva para el control del gusano *Amyelois transitella* (Walker) y la palomilla *Plodia interpunctella* (Hubner), ambos presentes en la naranja 'Navel'. Es una combinación relativamente fácil de aplicar, no deja residuos tóxicos, existen las facilidades tecnológicas para realizarlo y los costos pueden ser menores al disminuir el tiempo de exposición (Soderstrom y col., 1986).

### **1.3. HIPOTESIS Y OBJETIVO**

#### **I.3.1. Hipótesis:**

Las atmósferas controladas combinadas con temperatura alta controlan huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*.

#### **I.3.2. Objetivo:**

Demostrar la potencialidad de las atmósferas controladas combinadas con temperatura alta para controlar huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*.

## I.4. MATERIALES Y METODOS

### I.4.1. Materiales

#### I.4.1.1. Equipo

1. Cámara con control de atmósferas y temperatura. La cámara está construida de acero inoxidable con dimensiones de 177 x 100 x 132cm (alto x ancho x profundidad). Tiene espacio para 4 cajas de 60.7 x 36.8 x 17.8cm (largo x ancho x alto). Está provista de un panel de control analógico y digital con interfases de entrada y salida para un transmisor de aire, analizador de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, sondas de temperatura, válvula solenoide, ventilador y calentador. El control y registro se desarrolla por un sistema de computadora.

Control y registro de gases. Las concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> son directamente controladas por inyección de aire, N<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> para mantener las concentraciones deseadas. El analizador de O<sub>2</sub> (tipo David Bishop electrochemical.) proporciona lecturas en un rango de 0 a 25% y el analizador de CO<sub>2</sub> (Valtronic infrarrojo) proporciona lecturas en un rango de 0 al 80%; ambos son controlados con una exactitud del 0.1% con la inyección de CO<sub>2</sub> o N<sub>2</sub>, según se requiera.

Control y registro de temperatura. La temperatura se mantiene con una exactitud de  $\pm 0.1\%$  en un rango de 20-60°C, suministrado por 4 calentadores de 1000watts, 230volts. Cada calentador es encendido automáticamente y controlado por el sistema. La temperatura de la cámara se muestra y registra continuamente. Tres sondas (termistros) miden la temperatura de la superficie y el corazón de la fruta.

Flujo de aire. El flujo de aire es generado por un ventilador centrífugo de una sola fase, de 230volts y una fuerza de 1.5HP.

Fuente y control de humedad. La humedad es provista a través de cuatro boquillas atomizadoras, cada una tiene dos partes, una para gas comprimido y otra para agua. Cuando el gas comprimido pasa por la boquilla sale agua destilada del depósito de agua, por medio del efecto Venturi. Cuando se requiere más humedad, dos válvulas solenoides se abren simultáneamente, una permite comprimir el flujo de aire a través de las dos boquillas. Dos boquillas adicionales inyectan N<sub>2</sub>, o CO<sub>2</sub> y una tercera inyecta aire con el atomizador de agua.

2. Microscopio estereoscópico AO MR. con aumentos de 20 X y 40 X, el cual se utilizó para seleccionar las muestras de huevos y para observar el desarrollo embrionario, tanto en los controles como en los huevos tratados.

3. Incubadora Bulle M. Electrica, MR. tipo bacteriológico, la cual se calienta por convección, se usó para que las muestras de huevos y larvas se desarrollaran a temperatura controlada de 25-27°C.

#### I.4.1.2. Material Biológico

I.4.1.2.1. Insectos. Los huevos y larvas de *A. ludens* fueron proporcionados por el insectario del Centro de Entomología y Acarología del Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados. Las larvas silvestres de *A. obliqua* se obtuvieron de frutos de ciruela tropical *Spondias* spp, que se trajeron de los alrededores del Campo Experimental Cotaxtla (INIFAP-SAGAR) en el estado de Veracruz.

I.4.1.2.2. Frutos. Los frutos de mango Manila fueron proporcionados por el Campo Experimental Cotaxtla (INIFAP-SAGAR) en el estado de Veracruz.

#### I.4.2. Métodos

Se realizaron ensayos *in vitro* que consistieron de muestras de huevos y larvas directamente expuestas a las condiciones evaluadas y ensayos *in vivo* que consistieron de la exposición de frutos infestados artificialmente con larvas.

I.4.2.1. Registro de Condiciones Ambientales en la Cámara. En la cámara de atmósferas controladas se registraron las temperaturas de entrada y salida del aire, de la superficie y la pulpa cerca de la semilla del fruto, así como la concentración de los gases O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>.

I.4.2.2. Manejo de Muestras. Los huevos de *A. ludens* se colectaron durante un periodo de 24 h, se colocaron sobre un papel filtro y éste sobre una esponja húmeda dentro de una caja petri, fueron transportados en una hielera en un rango de 18-22°C y al llegar al laboratorio se colocaron en la incubadora a una temperatura de 25-27°C, donde se dejaron para que alcanzaran el 50% de desarrollo y se utilizaran en los experimentos.

Las larvas de *A. ludens*, recién emergidas fueron transferidas a una dieta artificial (Cuadro A.1.1) a temperatura de 27°C para su desarrollo, y cuando tenían 13 días de desarrollo en la dieta se efectuaron los experimentos, los ensayos se realizaron dos días después que se transportaron las larvas. Para obtener las larvas de *A. obliqua*, los frutos de ciruela infestados se colocaron sobre una cama de arena en el invernadero para que las larvas completaran su

desarrollo, 5 días después se disectaron los frutos y las larvas se utilizaron en los experimentos el mismo día que se disectaron los frutos.

Los frutos de mango Manila fisiológicamente (90 días de desarrollo a partir del amarre) maduros se almacenaron en la cámara de enfriamiento a 10°C por 24 h, se seleccionaron para que estuvieran libres de daños mecánicos, se lavaron y se pesaron ( $289.4 \pm 4.0$  y  $242 \pm 11$  g) (Tabla A.1.2) y se procedió a la infestación.

I.4.2.3. Mortalidad en huevo. En un envase de plástico (10cm de diámetro X 5cm de profundidad y volumen de 250 mL ) que contenía una esponja húmeda y sobre ésta un papel absorbente cuadriculado donde se colocaron las muestras de *A. ludens*, se agregaron 50 ml de agua destilada hasta la saturación de la esponja, se cubrieron con la tapa a la cual se le había perforado el 80% de su superficie y se cubrió con tela de tuzor pegada con silicón térmico. Estas muestras se sometieron al tratamiento, después del cual se enfrió el envase en agua a temperatura ambiente por 30 min. La esponja y el papel absorbente con los huevos se pasaron a una caja petri y permanecieron en una incubadora a 25-27°C hasta que el embrión completó su desarrollo.

I.4.2.4. Mortalidad en Larvas. En envases de plástico con la tapa ya descrita anteriormente, se pesaron 50 g de dieta para cada especie y en éstas, se colocaron muestras de larvas de *A. obliqua* o de *A. ludens* en el tercer estadio. Las muestras así preparadas se sometieron a los tratamientos, después se enfriaron introduciendo el envase en agua a temperatura ambiente por 30 min y 24 h después se registró el número de larvas vivas.

I.4.2.5. Infestación Artificial de Frutos. En cada fruto de mango Manila se efectuó una perforación, con el sacabocados ( # 7, 1.5cm de diámetro), y se introdujeron las larvas. La perforación se cubrió con la porción de fruto que se había sacado y a la cual se le había cortado una parte de la pulpa para dejar espacio para las larvas, se selló con silicón térmico y se sometieron a los diferentes tratamientos. Los frutos tratados se enfriaron en agua a temperatura ambiente por media hora, se disectaron y se registró el número de larvas sobrevivientes.

I.4.2.6. Análisis Estadístico. El tamaño de muestra de huevos, larvas y frutos infestados fue muy variable (Cuadros A.I.3. – I.5) para cada ensayo. Se evaluaron 3 atmósferas combinadas con la temperatura de 44°C (Cuadro I.1). Se registraron los insectos sobrevivientes en cada ensayo. En huevos se consideró como sobreviviente aquel que después de los tratamientos o la manipulación, completó su desarrollo embrionario, los indicadores fueron la presencia de las

mandíbulas características de la larva próxima a emerger. Las larvas sobrevivientes, tanto en los ensayos *in vitro* como *in vivo*, fueron aquellas que conservaron su movilidad, las larvas muertas se colocaron en agua a temperatura ambiente para comprobar que habían perdido su movilidad. La mortalidad de las larvas se comprobó 24 h después.

A partir de los insectos sobrevivientes se calculó el porcentaje de mortalidad que es la variable de respuesta. La mortalidad se corrigió, por medio de la fórmula de Abbott (Abbott, 1929).

$$\text{Mortalidad corregida (\%)} = [(X-Y) / X] 100$$

Donde:

X = Insectos vivos en el control (%)

Y = Insectos vivos en el tratamiento (%)

Los resultados del porcentaje de mortalidad corregida de huevos se analizó por medio de un análisis de varianza.

Cuadro I.1. Atmósferas controladas a 44°C para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*

Atmósfera	Tiempo (min)	Estadio	Especie
Aire	160	Larvas <sup>1,2</sup>	<i>A. obliqua</i>
		Huevos <sup>1</sup> y larvas <sup>1,2</sup>	<i>A. ludens</i>
14.8% O <sub>2</sub> + 7.2 % CO <sub>2</sub>	120	Huevos <sup>1</sup> y larvas <sup>1,2</sup>	<i>A. ludens</i>
15.1% O <sub>2</sub> + 20.6% CO <sub>2</sub>	120	Huevos <sup>1</sup> y larvas <sup>1,2</sup>	<i>A. ludens</i>

1 = Ensayo *in vitro*, 2 = Ensayo *in vivo*

## I.5. RESULTADOS Y DISCUSION

### I.5.1. Condiciones Ambientales en la Cámara.

En los ensayos *in vitro* e *in vivo*, en la atmósfera de aire, con HR del 50 %, la temperatura promedio de entrada fue de 43°C, en la superficie del fruto fue de 40°C y en la pulpa cerca del hueso de 39.8°C. La diferencia de temperatura del aire con respecto a la pulpa del fruto fue de 1 a 2°C, por lo que habría que aumentar la temperatura de entrada del aire para alcanzar los 44°C en la pulpa del fruto (Fig. 1.2).

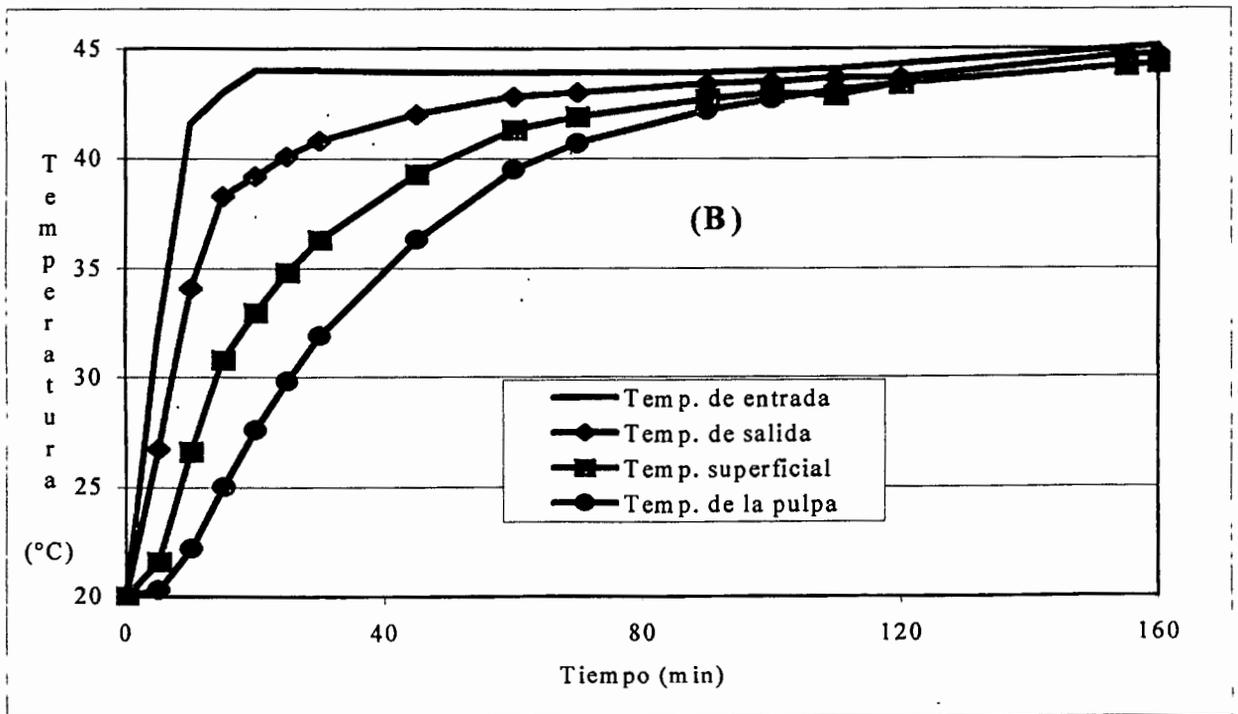
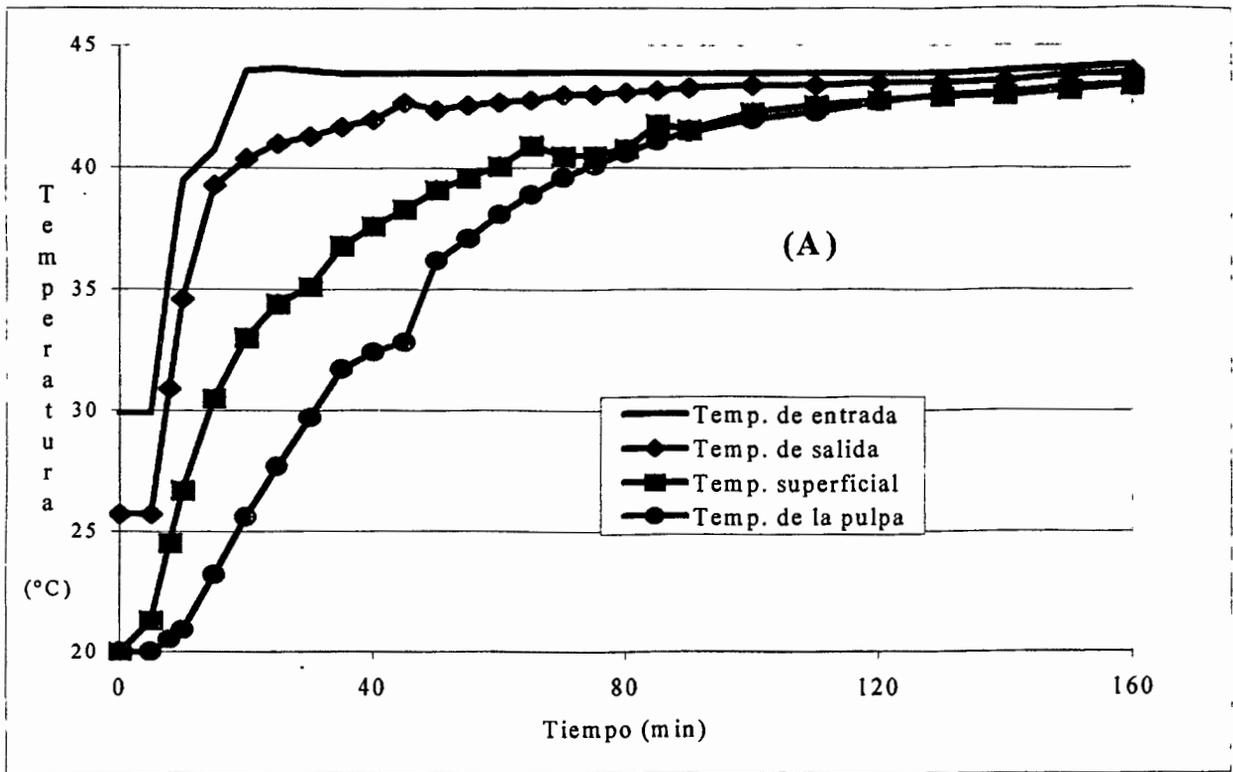


Figura 1.2. Condiciones de la cámara de atmósferas controladas en la evaluación de aire a 44°C por 160 min para el control de: (A) larvas de *A. obliqua* y (B) huevos, larvas de *A. ludens* y frutos de mango Manila infestados artificialmente.

Cuando se combinó la atmósfera de 14.8% O<sub>2</sub> + 7.2% CO<sub>2</sub> la temperatura promedio de entrada fue de 43.9°C, en la pulpa de la superficie y cerca del hueso fueron 35.7 y 35°C respectivamente. En la combinación de 15.1% O<sub>2</sub> + 20.6% CO<sub>2</sub> las temperaturas promedio fueron 44.3, 39.6 y 39°C para la entrada y la pulpa en la superficie y cerca del hueso, pero en la pulpa se alcanzaron hasta 42°C en las dos atmósferas. En los perfiles de temperatura y de la concentración de los gases (Fig. I.2.) se observaron las tendencias características reportadas para este tipo de ensayos, tanto en la cámara como en la pulpa del fruto (Heather y col., 1997 y Shellie y col., 1997).

La sobrevivencia de los controles de huevos de *A. ludens* (Cuadro A.1.3) fue muy baja, 18.3 y 12.3%; esto se atribuyó a que los huevos no fueron seleccionados adecuadamente, ya que el conteo se efectuó con el uso de una lupa y debió haberse utilizado un microscopio estereoscópico. En larvas en los experimentos *in vitro* la sobrevivencia fue del 80%; pero en los frutos infestados de los experimentos *in vivo*, fue de solo 58.3 y 43.8% en aire y en las combinaciones de atmósfera con la temperatura (Cuadros A.1.4 y A.1.5).

### I.5.2. Ensayos *in vitro*.

Los resultados de mortalidad observada de los estadios de las dos especies están detallados en las Cuadros A.1.3 y A.1.4. En estos ensayos se obtuvieron altos porcentajes de mortalidad corregida en larvas de *A. obliqua* y en huevos y larvas de *A. ludens* cuando se aplicó el calor en aire; pero cuando se combinó la temperatura con las atmósferas, el porcentaje de mortalidad fue menor del 100% en huevos de *A. ludens*. En el análisis estadístico ( $\alpha=0.05$ ) no hubo diferencia significativa entre los efectos de las atmósferas. Lo anterior indicó que el estadio de huevo fue menos susceptible que el de larva a las condiciones evaluadas.

Cuadro I.2. Mortalidad corregida de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* expuestas *in vitro* a atmósferas controladas a 44°C

Atmósfera	Tiempo (min)	Mortalidad Corregida (%)		
		<i>A. obliqua</i>		<i>A. ludens</i>
		Larvas	Huevos	Larvas
Aire	160	100	100	100
15% O <sub>2</sub> + 7 % CO <sub>2</sub>	120	Sm	62.6	100
15% O <sub>2</sub> + 21% CO <sub>2</sub>	120	Sm	71.5	100

Sm = Sin muestra

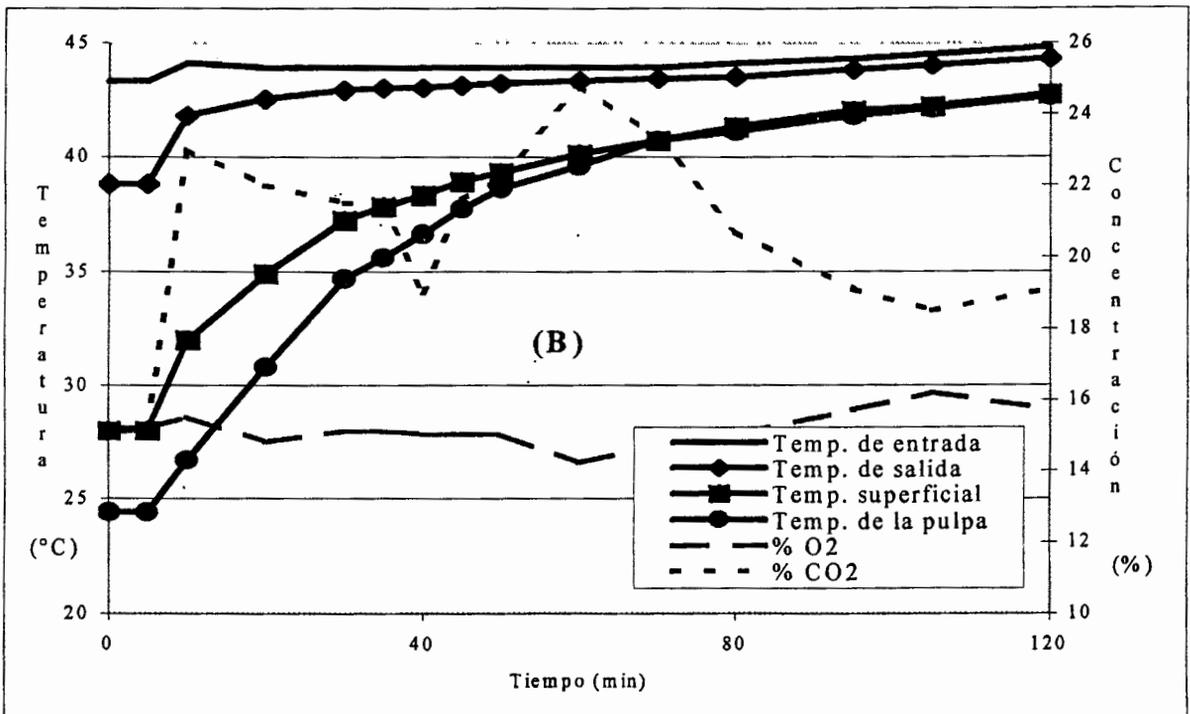
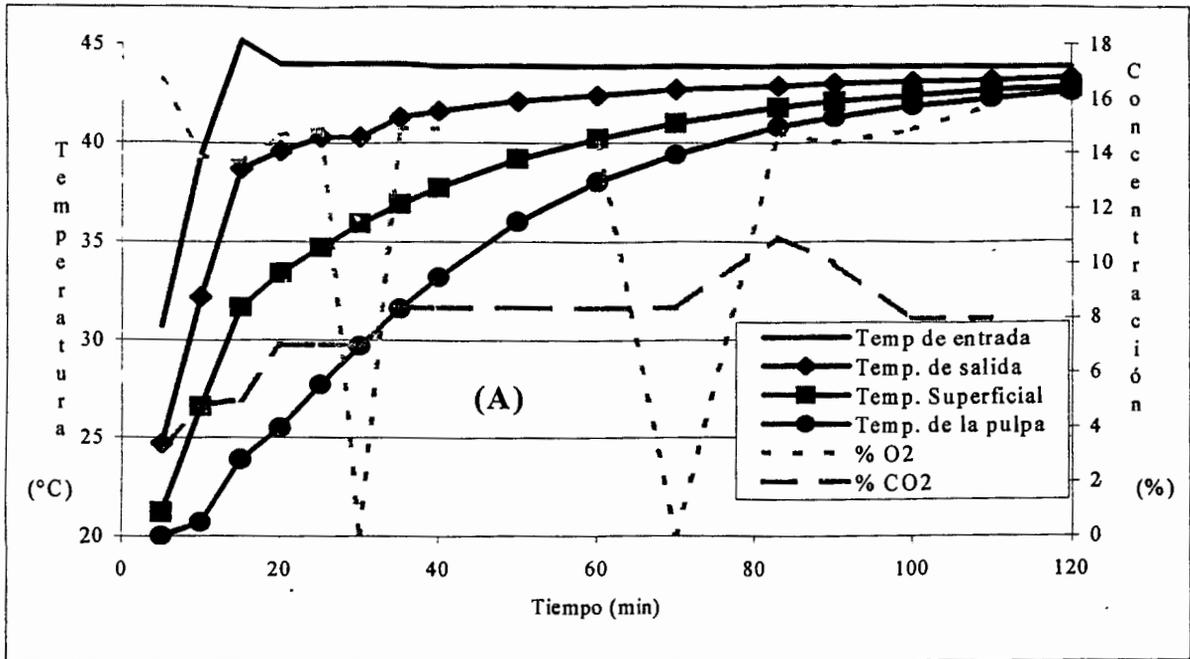


Figura 1.3. Condiciones de la cámara de atmósferas controladas durante la evaluación de (A). 14.8% O<sub>2</sub> + 7.2% CO<sub>2</sub> a 44°C por 120 min y (B). 15.1% O<sub>2</sub> + 20.6% CO<sub>2</sub> para el control de larvas de *A. obliqua* y huevos, larvas y frutos infestados de *A. ludens*.

### I.5.3. Ensayos *in vivo*.

La mortalidad observada de los ensayos *in vivo* en frutos infestados (Cuadro A.5) que dio lugar a la mortalidad corregida de las larvas de las dos especies, en frutos de mango Manila infestados artificialmente (Cuadro I.3) fue de 100% para larvas de *A. obliqua* expuestas al calor en aire. Asimismo, la mortalidad de larvas de *A. ludens* fue del 100 % en los tres ensayos, aunque el tiempo y la temperatura de exposición fueron diferentes; en el tratamiento de 44°C por 160 min. las larvas estuvieron expuestas a una temperatura máxima de 43°C por 30 min. y en los tratamientos de bajo O<sub>2</sub> y alto CO<sub>2</sub>, las temperaturas máximas fueron de 42.6 por 10 y 15 min respectivamente. Esto es significativo ya que estos son tiempos y temperaturas más bajos que los reportados en la literatura para *A. ludens* y *A. obliqua* en frutos infestados; cabe mencionar que en las condiciones de 44°C, bajo O<sub>2</sub> por 120 min. se tuvo el menor tiempo (40 min.) de exposición a temperaturas mayores de 40°C (Sharp 1986; Sharp y Picho-Martínez, 1990; Heather y col., 1997 y Shellie y col., 1997).

Cuadro 1.3. Mortalidad corregida de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos infestados expuestos a atmósferas controladas a 44°C

Atmósfera	Tiempo (min)	Mortalidad Corregida (%)	
		<i>A. obliqua</i>	<i>A. ludens</i>
Aire	160	100	100
15% O <sub>2</sub> + 7 % CO <sub>2</sub>	120	Sm	100
15% O <sub>2</sub> + 21% CO <sub>2</sub>	120	Sm	100

Sm = Sin muestra

## I.6. CONCLUSIONES

Se obtuvo el 100 % de mortalidad de huevos de *A. ludens* en aire a 160 min, pero no en las dos atmósferas (15% O<sub>2</sub> + 7 % CO<sub>2</sub> y 15% O<sub>2</sub> + 21% CO<sub>2</sub>) por 120 min. Se obtuvo el 100% de mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*, *in vitro* e *in vivo*, en aire a 160, min y de larvas de *A. ludens* *in vitro* e *in vivo* en las dos atmósferas controladas.

La combinación de atmósferas controladas y temperatura alta tiene un gran potencial para eliminar los estadios de larvas de *A. obliqua*, huevos y larvas *in vitro*, así como larvas en frutos infestados de *A. obliqua* y *A. ludens*.

## CAPITULO II.

### RESPUESTA *in vitro* DE HUEVOS Y LARVAS DE *Anastrepha obliqua* Y *A. ludens* A ATMOSFERAS CONTROLADAS Y TEMPERATURA ALTA.

#### RESUMEN.

Las moscas de la fruta *A. obliqua* y *A. ludens* son de importancia cuarentenaria para el fruto de mango. Las atmósferas controladas (AC) combinadas con la temperatura alta se han usado para controlar insectos por lo que se evaluó su eficiencia para determinar el 100% de mortalidad y la temperatura (TeL) y tiempo letales (TiL) que proporcionen la mortalidad de probit 9 de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*. En ensayos *in vitro* se evaluaron a 44°C por 160 min las atmósferas de aire, 0% O<sub>2</sub>, 13% O<sub>2</sub>+20% CO<sub>2</sub> y 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>; a 48°C por 220 min y 50, 51, 52, 54 y 55°C por 240 min las atmósferas de aire y 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>. Así como a 40°C por 240 min, a 48 y 55°C por 80, 260 y 240 min la AC (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>). Se utilizaron huevos y larvas de las dos especies de moscas, se expusieron a las condiciones evaluadas, se enfriaron a temperatura ambiente y se registraron los sobrevivientes. En huevos, los sobrevivientes fueron los que completaron su desarrollo embrionario, con la presencia de las mandíbulas características de la larva próxima a emerger y en larvas las que conservaron su movilidad. El porcentaje de mortalidad observado se corrigió con respecto a un control y se aplicó el análisis de varianza. Estadísticamente, a 44°C por 160 min la AC de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> fue la de mayor efecto en huevos y larvas de *A. obliqua* y huevos de *A. ludens* y 0% O<sub>2</sub> en larvas de *A. ludens*. A 48°C con la AC de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> se obtuvo el 100% de mortalidad de larvas, pero hubo sobrevivientes de huevos en las dos especies. El 100% de mortalidad de los huevos de *A. ludens* y *A. obliqua* se obtuvo a 51 y 55°C por 240 min, respectivamente. En el análisis de TeL y TiL para las temperaturas de 44, 48 y 55°C no fue significativo y el TeL y TiL de huevos de *A. obliqua* en la AC 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> fue de 61°C. Se concluyó que el efecto de las AC evaluadas sobre huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* fue muy variable y dependió de la especie y del estado del ciclo biológico. La atmósfera de 0 % O<sub>2</sub> + 50 % CO<sub>2</sub> tuvo un efecto sinérgico en la mortalidad de las larvas de *A. obliqua* y huevos de *A. ludens* y la de 0 % O<sub>2</sub> sobre larvas de *A. ludens*, con respecto a la causada por el aire. El estado de huevo de las especies *A. obliqua* y *A. ludens* es menos susceptible que el de larvas a las condiciones evaluadas y esa susceptibilidad es independiente de la especie.

## II.1. INTRODUCCIÓN.

Existen evidencias de la eficiencia de las atmósferas controladas (AC) para el control de plagas de granos almacenados pero, para las moscas de la fruta son muy pocas. Sin embargo, en los resultados de los estudios preliminares (Capítulo I) se obtuvo evidencia de la eficiencia de las AC para alcanzar el 100% de mortalidad de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*. En el presente capítulo se incluyen los resultados de los ensayos que se realizaron *in vitro*.

## II.2. REVISIÓN DE LITERATURA.

### II.2.1. Generalidades de Moscas de la fruta.

II.2.1.1. Especies de Moscas de la Fruta. Las moscas de la fruta pertenecen al orden Diptera y a la familia Tephritidae, existen 400 especies en el mundo, capaces de adaptarse a casi cualquier bioma. En México existen alrededor de 100 especies de moscas de la fruta que son de importancia económica y cuarentenaria, de los géneros *Anastrepha*, *Rhagoletis*, *Toxotrypana* y *Ceratitis* (Aluja, 1993),

La familia Tephritidae se ha considerado entre las plagas más importantes para el desarrollo de los tratamientos postcosecha, ya que tiene un gran potencial biótico y destructivo. Como cualquier plaga, ese potencial está directamente relacionado con su ciclo de vida; el cual es afectado por la disponibilidad de hospederos silvestres y de importancia económica, factores ambientales, especialmente la temperatura y humedad (Burditt, 1982).

El tiempo de desarrollo de las especies de esta familia es muy similar. Las especies de las moscas de la fruta de importancia cuarentenaria para el fruto de mango son la mosca de los ciruelos *Anastrepha obliqua* (Macquart) y la mosca Mexicana *Anastrepha ludens* (Loew), ya que ambas especies infestan al fruto de mango (Cabrera y Villanueva, 1987).

II.2.1.2. Ciclo Biológico. Los individuos de la familia Tephritidae tienen un ciclo de vida que cubre cuatro estadios: huevo, larva, pupa y adulto; en un tiempo de desarrollo muy similar entre especies, dependiendo de las condiciones bióticas y abióticas (Fig. 2.1).

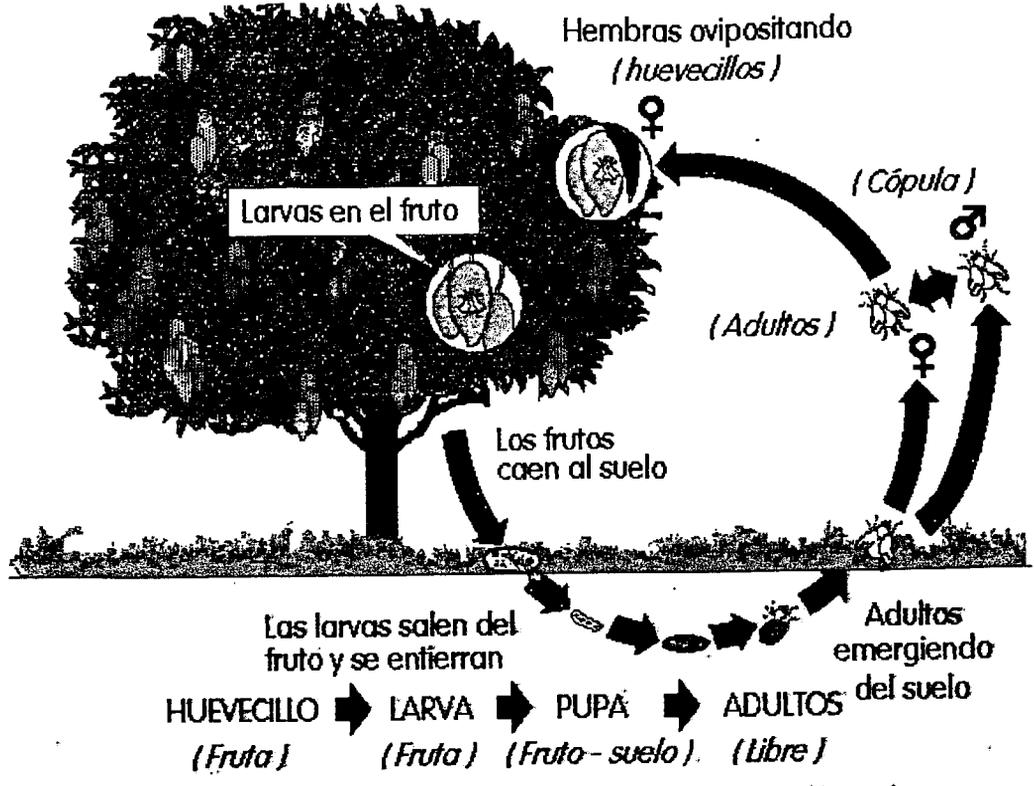


Figura 2.1. Ciclo biológico de las moscas de la fruta del género *Anastrepha* (Aluja, 1993)

Huevos. Son de color blanco cremoso, de forma alargada y ahusada en los extremos, de 1 a 2mm de longitud. Estos varían con la especie en forma y tamaño, son ovipositados por la hembra adulta, para lo cual efectúa una perforación en el fruto. El número de huevos depositados y el tiempo de eclosión para la emergencia de la larva depende de la especie (Gutiérrez, 1976; Cabrera, 1988; Aluja, 1993; Moreno y col., 1993).

Larva. Al emerger las larvas presentan una coloración blanca, que cambia a un tono amarillento conforme se desarrollan; tienen una forma mucidiforme o sea, ensanchada en la

parte caudal y se adelgaza hacia la parte anterior; su cuerpo está compuesto por la cabeza y 11 segmentos, tres corresponden a la región torácica y ocho del abdomen.

La larva permanece en el fruto por un período aproximado de 15 días; generalmente el fruto cae al suelo, sale la larva y se entierra para iniciar su etapa de pupa; deja un orificio redondo y una zona blanda en el fruto (Gutiérrez, 1976; Nuñez y Velázquez, 1987).

Puparium. La larva forma sobre su cuerpo una cubierta esclerótica cilíndrica de color café oscuro para protegerse y para comenzar a transformarse en adulto. La pupa está estructurada por segmentos, con una longitud y diámetro que dependen del género y la especie. Cuando el suelo permanece húmedo y cálido, el adulto tarda de 8 a 15 días en emerger o hasta varios meses en temperaturas invernales (Gutiérrez, 1976; Guillén, 1988; Cabrera, 1991).

Adulto. Son de color amarillo a café, anaranjado, negro y sus combinaciones; tienen cabeza grande y ancha, el tórax tiene tres regiones, preescuto, escuto y escutellum; tienen ojos verdes o violeta y luminosos (Aluja 1993).

Las moscas al emerger se encuentran húmedas y al secarse toman la coloración típica, vuelan a la parte superior del árbol para alimentarse y tomar agua. El tiempo en que alcanzan su madurez fisiológica y la longevidad que presentan dependen de la especie (Gutiérrez 1976, Moreno y col., 1993; Aluja, 1994).

Cuando los adultos alcanzan su madurez sexual, para cumplir con su función reproductiva realizan un cortejo mediante el cual la hembra selecciona al macho, éste segrega una feromona, la hembra es atraída y copulan. Después de la cópula el macho se dedica a copular con otras hembras y la hembra busca frutos fisiológicamente maduros para ovipositar. Cada especie tiene la actividad sexual en determinadas horas del día y el resto del tiempo lo utilizan para alimentarse, en la oviposición o reposo (Aluja, 1993).

Para la aplicación correcta de las medidas de control es de importancia básica la identificación de las especies. Aún cuando dañan al fruto, cada especie es diferente en comportamiento e invasión. Se identifica al adulto, particularmente a las hembras, basado en el tamaño, color y tonalidad, las características del tórax (disposición de las setas, manchas en la sutura escuto escutelar y metanoto y color del escutélum), de las alas (tamaño y dirección que sigue la venación, y disposición y color de las bandas y manchas) y de la forma y longitud de la envoltura del ovipositor y de los clápers. Estas características varían de acuerdo a la especie (Hernández-Ortiz, 1992; Aluja, 1993).

#### II.2.1.3. Hospederos y Distribución Geográfica de las especies *A. obliqua* y *A. ludens*.

La especie *A. obliqua* (Macquart). El adulto es de tamaño medio y de color café amarillento, tiene el mesonoto de color amarillo naranja, con una franja central, que se ensancha posteriormente, tiene otras dos franjas laterales, las cuales se inician poco antes de la sutura transversal del escutélum; el escutelo es amarillo pálido sin mancha en la parte media de la sutura escuto escutelar. El metanoto es amarillo naranja y con dos manchas negras a los lados; las vellosidades del tórax son café oscuro, excepto sobre la franja central donde son de color amarillo pálido. En las alas las bandas en S y costal generalmente se tocan en la vena, la banda en V invertida completa y por lo general está unida a la banda S (Fig. 2.2) (Aluja,1993).

*Anastrepha obliqua* en México es considerada como una de las especies de mayor importancia económica, debido a que en numerosas regiones constituye una plaga para el mango; aunque se han citado alrededor de 12 hospederos naturales en el país, con mayor frecuencia se hospeda en mango y en diversas especies de *Spondias* spp (*Anacardiaceae*), pero en otros países se han reportado muchas otras plantas como hospederas (Hernández-Ortiz, 1992) (Fig. 2.2.A) (Aluja,1993)..

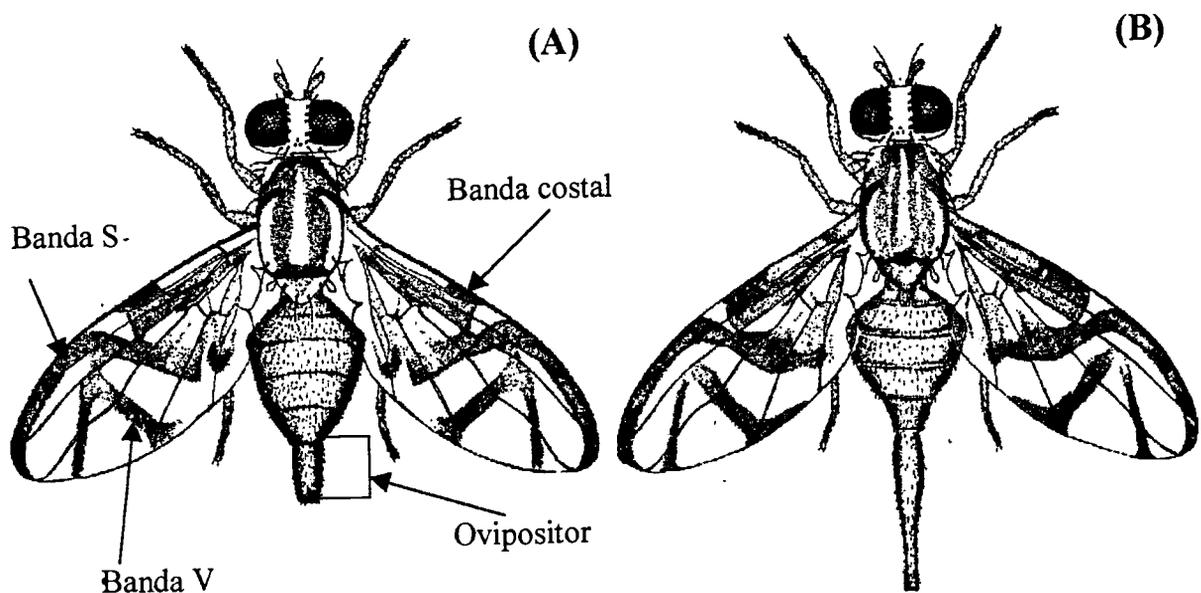


Figura 2.2. Especies de *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) que infestan al fruto de mango en México: (A). *A. obliqua* (Macquart) y (B). *A. ludens* (Loew) (Aluja, 1993)

En nuestro país la especie *A. obliqua* se ha localizado en los estados de Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Guerrero, Jalisco, Edo. de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas, Tabasco, Veracruz y Zacatecas (Fig. 2.3). También se encuentra en otros países como Estados Unidos de Norteamérica (Texas y Florida); América Central, Ecuador, Venezuela, Brasil, Cuba, Las Antillas, Trinidad y Puerto Rico (Hernández-Ortiz, 1992).

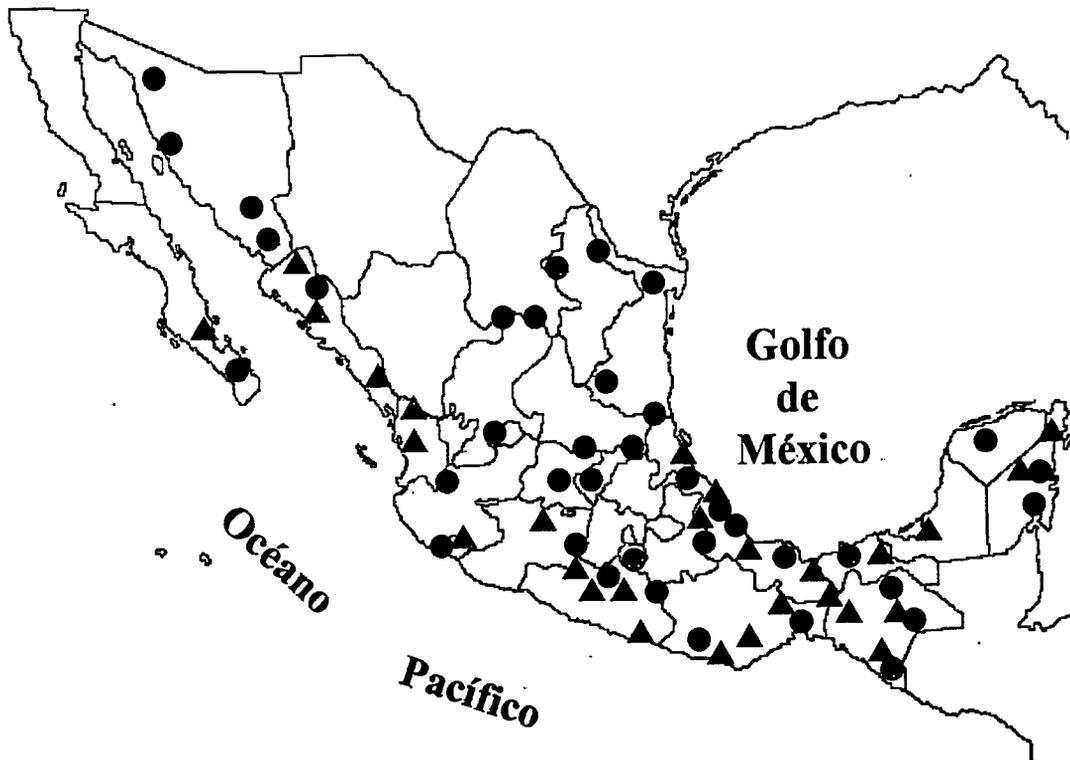


Figura 2.3. Distribución geográfica en México de las especies de moscas de la fruta que infestan el mango (▲) Mosca de las ciruelas *A. obliqua* (M.) y (●) Mosca mexicana de la fruta *A. ludens* (L.) (Hernández-Ortiz, 1992).

La especie *A. ludens* es una mosca de tamaño medio y de color café amarillento; en el tórax tiene una franja delgada y clara que se ensancha hacia la parte posterior, y dos franjas más a los lados que llegan hasta la sutura transversal; frecuentemente con una mancha difusa en la parte media de la sutura escuto-escutelar, pleura y metanoto café amarillento y los dos con una franja café oscuro o negra. Las alas con bandas pálidas amarillentas, mientras que las

bandas costal y S están un poco separadas o se tocan en la vena, la banda en V separada de la banda S o conectadas de manera ligera (Fig. 2.2.B) (Aluja, 1993).

En México, la especie *A. ludens* es una de las especies de mayor distribución y abundante dispersión en el altiplano. Se conocen alrededor de hospederos naturales, donde destacan la Rutácea *Sargentia greggii* y en menor proporción *Casimiroa edulis*. *A. ludens* infesta a los hospederos introducidos como algunas especies de *Citrus* (Rutaceae) y *Mangifera indica* (Anacardiaceae), donde compite con *A. obliqua* (Hernández-Ortiz, 1992).

Se ha reportado la presencia de *A. ludens* en los estados de Aguascalientes, Baja California Sur, Chiapas, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas (Fig. 2.3). Esta especie también se encuentra distribuida en los Estados Unidos de Norteamérica (Texas, Arizona y California), Guatemala, Belice, Honduras, Nicaragua, El Salvador y Costa Rica (Hernández-Ortiz, 1992).

## **II.2.2. Efectos del Calor y las Atmósferas Controladas sobre los Insectos.**

II.2.2.1. Efectos del Calor sobre Moscas de la Fruta. La respuesta de los insectos al tratamiento con calor es independiente de la fruta hospedera; sin embargo, la tasa de calentamiento depende de las características del fruto para transferir el calor, de su forma y tamaño, del recipiente donde se mantiene el fruto y las características del medio para permitir la difusión del calor (Couey, 1989).

Para determinar la temperatura letal específica para un estado biológico de un insecto, con la finalidad de establecer un tratamiento cuarentenario, es necesario conocer la mortalidad de la especie y el estado biológico durante el tiempo de exposición a una temperatura dada.

La tolerancia del huevo de la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wiedemann) a la inmersión en agua caliente a 43°C, depende de la edad del huevo. Los huevos de 1-3h de edad son menos tolerantes que los de 8-9 h. Atmósferas anaeróbicas incrementan los niveles de mortalidad, por lo cual se considera que existe un efecto sinérgico a la aplicación de la temperatura. Al elevar las concentraciones de O<sub>2</sub> no hubo un efecto claro de aumento de eclosión del huevo (Moss y Jang, 1991).

La muerte térmica en las especies de *C. capitata*, *D. dorsalis* y *D. cucurbitae* fue a temperaturas entre 42 y 48°C por 50 min. Las larvas del primer estadio fueron más resistentes al calor que los huevos, la tolerancia de las larvas al calor fue similar en todas las

especies estudiadas a una temperatura determinada, aunque los huevos de *C. capitata* parecieron más tolerantes que los de *D. dorsalis*. A 43°C se estimó que se obtuvo una mortalidad mayor del 90% durante 50-60 min para las tres especies (Jang, 1986).

La susceptibilidad de las larvas en el tercer estadio de *D. dorsalis* al calor está basada en el tiempo y la temperatura letal. Cuando la larva está en el período de alimentación es más susceptible que cuando busca el sustrato para formar el puparium; estas diferencias son más aparentes cuando se exponen a menores temperaturas y por períodos cortos de tiempo (Jang, 1991).

Los huevos producen menos calor metabólico y éste es el factor clave para su susceptibilidad al calor, e interactúa con otros factores como la humedad, alimentación, luz y el bienestar del insecto. Es difícil separar y definir la responsabilidad de la influencia de un factor sobre el metabolismo. Los límites de temperatura se fijan por la inactivación de las enzimas o por la destrucción de enzimas o nutrientes más rápido de lo que son obtenidos (Howe, 1967).

Los efectos letales de las altas temperaturas dependen del tiempo de exposición, hay una variación individual tanto del umbral desarrollado como de la tasa de desarrollo a esa temperatura. Un alto porcentaje de huevos de la mayoría de las especies de insectos y ácaros eclosionan sobre un rango de temperatura constante de 15°C. Los huevos eclosionan en temperaturas constantes normalmente mayores o menores que aquellas que soportan las larvas. El efecto de la temperatura sobre el rango de eclosión depende además de la longitud de la exposición, de la etapa alcanzada y a menudo de las diferentes cepas, no todos los efectos son directos, pueden presentarse por ejemplo como reducción de la fertilidad del macho, disminuir la eclosión en otras generaciones o morir después de 4 generaciones (Howe, 1967).

II.2.2.2. Efectos de las Atmósferas Controladas sobre los Insectos. La efectividad de las AC sobre los insectos depende de diversas variables, que incluyen la composición de los gases, la temperatura, la humedad relativa, el tiempo de exposición, la especie y el estado del ciclo de vida del insecto. Aunque las causas de la muerte del insecto aún no son comprendidas, se ha observado que bajas concentraciones de O<sub>2</sub> y altas de CO<sub>2</sub> causan la apertura de las válvulas espiraculares que relajan el músculo del espiráculo cerrado; esta es la consecuencia más importante cuando se incrementa la concentración de CO<sub>2</sub> y es permanente; induce la

pérdida de agua y puede causarse la muerte del insecto, particularmente cuando la humedad es baja. Con la finalidad de controlar los insectos se ha experimentado con diversas condiciones de atmósferas (Cuadro 2.1). (Brandl y col., 1983; Nicolás y Sillans, 1989).

Cuadro 2.1. Atmósferas controladas evaluadas en el control de insectos

Insecto	Atmósfera	Referencia
<i>A. suspensa</i>	40-100% CO <sub>2</sub> 0% O <sub>2</sub> , 2 días	Benschoter y col., 1981
<i>Amyelois transitella</i>	< 1% O <sub>2</sub> + 4% CO <sub>2</sub>	Brandl y col., 1983
<i>Vaccinium augustifolium</i>	2 ó 5% O <sub>2</sub>	Prange y Lidster, 1992
<i>Cydia pomonella</i>	0.5% O <sub>2</sub> + 10% CO <sub>2</sub> con N <sub>2</sub>	Soderstrom y col. 1990
<i>Cydia pomonella</i>	0.5% O <sub>2</sub> + 20% CO <sub>2</sub> 0, 5, 25°C	Soderstrom y col. 1991
<i>Ephyphas postvittana</i>	0.4% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> 30°C	Whiting y col., 1992
<i>A. ludens</i>	1.0% CO <sub>2</sub> , 2 h	Shellie y col., 1997

Los animales responden de dos maneras a la hipoxia, algunos pueden regular el flujo de energía y mantenerla constante por medio del flujo glicolítico y otros evitan la activación de la glicólisis y reducen la demanda de energía celular. Bajo ciertas presiones bajas de O<sub>2</sub> (pO<sub>2</sub>) los insectos pueden morir debido a la acumulación de ácido láctico no volátil y tóxico (Chervin y col., 1996). Los efectos de las atmósferas controladas pueden ser subletales o letales, tanto para altas concentraciones de CO<sub>2</sub> como bajas de O<sub>2</sub>; los subletales ocasionan la reducción de la tasa de desarrollo. Esto se demostró con *S. granarius* que fue expuesto a la concentración de 1.3 % de O<sub>2</sub> en N<sub>2</sub> por varios períodos (2-26 semanas) y se supuso que disminuyó su consumo de oxígeno y evitó parcialmente los efectos de la anoxia (Bailey y Banks, 1980).

II.2.2.3. Concentración de los Gases y Condiciones Letales. Los gases tienen un efecto variable en la mortalidad de los insectos, lo cual parece depender del tipo de insecto que se trate. Por ejemplo, para algunos insectos se ha encontrado que cuando se aplican las AC por corto tiempo son más importantes las bajas concentraciones de O<sub>2</sub> que las altas concentraciones de CO<sub>2</sub>. El efecto del oxígeno también se demostró en huevos de tres días de edad de *Epiphyas postvittana* (Walker) donde la variación de la concentración de O<sub>2</sub>

tuvo un mayor efecto que el cambio de concentración del CO<sub>2</sub> y se obtuvieron altas mortalidades más rápidamente cuando se utilizaron concentraciones de 0.4% de O<sub>2</sub> (Brandl y col., 1983; Whiting y col., 1992).

Cuando se probaron diferentes concentraciones de O<sub>2</sub> en adultos de *Tribolium castaneum*, solo se obtuvo mortalidad con una concentración del 2% de O<sub>2</sub>, al agregar 15 % de CO<sub>2</sub> se incrementó considerablemente el efecto letal del O<sub>2</sub> y se alcanzó el 90 % de mortalidad con 6% de O<sub>2</sub> y 30 % de CO<sub>2</sub>. Esto indicó una fuerte interacción entre los efectos de los dos gases, que se expresó como un efecto sinérgico en el incremento en la mortalidad. El efecto del O<sub>2</sub> sobre huevos de *T. castaneum* mostró un modelo diferente de respuesta; la adición del O<sub>2</sub> mostró un efecto aditivo y no sinérgico en la mortalidad (aditivo: si se duplica la dosis se duplica la respuesta y sinérgico: al duplicar la dosis la respuesta será mayor del doble). Esto se explicó especulativamente, al comparar la fisiología de huevos contra adultos, ya que estos últimos pierden agua en atmósferas con mayor contenido de CO<sub>2</sub>, lo que aparentemente no sucede con los huevos (Calderón y Navarro, 1984).

Sin embargo, en otros insectos parece ser más importante la concentración de CO<sub>2</sub>, por ejemplo al evaluar el efecto del CO<sub>2</sub> sobre la sobrevivencia de la larva de la papalota del arándano (*Ragoletis mendax* Curran), las concentraciones entre 45 y 95% de CO<sub>2</sub> a 21°C redujeron al 9% la sobrevivencia de las larvas en 48 h. En una evaluación de diversas concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono en larvas de arándano (*Vaccinium corymosun* L.) la sobrevivencia se redujo a menos del 9 % al aplicar concentraciones entre el 45-95 % de CO<sub>2</sub> a 21°C por 48 h y no se alcanzó el 100 % de mortalidad del insecto. Con una concentración reducida de O<sub>2</sub> (2 %) no se redujo la sobrevivencia larval, lo que confirmó observaciones previas en las cuales se demostró que el O<sub>2</sub> no es tan importante como el CO<sub>2</sub> para matar insectos y aún cuando se aumentara la letalidad puede causar olores extraños a la fruta cuando se mantiene en la AC por varios días (Prange y Lidster, 1992).

En lo que se refiere al control de moscas de la fruta, las etapas inmaduras de la mosca del Caribe (*A. suspensa*) presentaron una mortalidad del 95-100 % con diversos porcentajes de CO<sub>2</sub> (40-100 %) después de 48 h; mientras que las concentraciones bajas de O<sub>2</sub> (2 %) no afectaron la mortalidad (Benschoter y col., 1981).

La influencia de la temperatura en la efectividad de las AC se ha demostrado en algunos trabajos, por ejemplo al exponer huevos de *Cydia pomonella* de 2 - 24 h de edad a la combinación de AC con diversas temperaturas (0, 5, 15 y 25°C) las atmósferas fueron más efectivas en 3.5-4 días, que la temperatura sola. A 5°C la combinación de baja concentración de 0.5% O<sub>2</sub> con 40% de CO<sub>2</sub> fue menos efectiva que el 5% de O<sub>2</sub> solo; a 15°C fue más efectivo el 5% de O<sub>2</sub> que con la adición de 40 % de CO<sub>2</sub> y a 25°C fue significativamente más efectivo el 40% de CO<sub>2</sub> que las dos condiciones anteriores; por lo que a bajas temperaturas la adición del 40% de CO<sub>2</sub> a la baja concentración de O<sub>2</sub> tuvo un efecto de inhibición del efecto letal. Estas efectividades mostraron que hay una variedad de respuestas que dependen de la temperatura y no se ha encontrado explicación a este fenómeno, ya que no se entiende como las AC afectan fisiológicamente a los insectos. Además se sugiere que para aplicar una AC comercialmente, ésta debe ser evaluada cuidadosamente a la misma temperatura a la que se va a aplicar. La extrapolación de la efectividad de una atmósfera evaluada a 25°C a temperaturas diferentes puede dar lugar a resultados inesperados (Soderstrom y col., 1991).

Las AC que consisten de concentración reducida de O<sub>2</sub> (0.5-1%) o alta de CO<sub>2</sub> (60-98%) combinadas con temperatura alta (38-42°C) se evaluaron para el control de larvas de *T. castaneum* (Herbst) (Coleóptera:Tenebrionidae); la mortalidad más alta se obtuvo con 95% de CO<sub>2</sub> a 42°C y con 1.0% de O<sub>2</sub> a 42°C. Al aumentar la temperatura durante 6 h se incrementó la mortalidad como resultado del efecto sinérgico de ambos factores; esto puede usarse para disminuir el tiempo de duración del tratamiento (Soderstrom y col., 1992).

Al comparar diferentes concentraciones de gases y diversas temperaturas sobre larvas de *C. pomonella* (Lepidóptera:Tortricidae) para matar las larvas en diapausa las AC fueron más efectivas en combinación a 0°C que la temperatura sola, la concentración de 20% de CO<sub>2</sub> fue más efectiva a 15°C. Al evaluar temperaturas altas (39, 41, 43 y 45°C) bajo dos condiciones de HR (60 y 95%) y bajo atmósferas controladas (0.5% de O<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>; 0.5% de O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>, y 98% CO<sub>2</sub> en aire) se incrementó la mortalidad de la larva con el aumento de la temperatura sola y con las combinaciones con altas concentraciones de CO<sub>2</sub> y bajas de O<sub>2</sub>; la mortalidad que es la medida de la efectividad, disminuyó en orden decreciente del 98% de CO<sub>2</sub> a las dos atmósferas del O<sub>2</sub> al aire. La influencia de la

HR no fue significativa y el tiempo para alcanzar el probit 9 fue estimado y disminuyó al incrementar la temperatura (Soderstrom y col., 1996).

Recientemente, se reportó el uso de AC y temperatura alta (1% de O<sub>2</sub>, 1% de O<sub>2</sub> + 2% CO<sub>2</sub> y 20% de CO<sub>2</sub> con balance de nitrógeno, a 44°C) para el control de larvas de *A. ludens* de tercer estadio en dieta y murieron 24 de 25 larvas en un tiempo de exposición de 2 h con una AC 1% de O<sub>2</sub> (Shellie y col., 1997).

La humedad relativa es otro de los factores cuyo efecto sobre las AC ha sido evaluado ya que la tendencia de los insectos es mantener la humedad y los Tephritidos generalmente tienden a mantener un balance del 75% de humedad; la ganancia o pérdida de humedad ocurre a través de la cutícula en general, espiráculos y del sistema alimentario. En huevos y larvas la humedad no es un factor que limita de manera muy importante la sobrevivencia porque estos estadios del ciclo biológico se encuentran dentro del fruto que está normalmente hidratado (Meats, 1989).

En la evaluación de AC (0.5% de O<sub>2</sub>, 10% CO<sub>2</sub> balance de N<sub>2</sub> y 60% de CO<sub>2</sub> en aire) para el control de los estados del ciclo biológico de *Cydia pomonella* (L.) se evaluaron dos condiciones de humedad relativa (60 y 95%) a 25°C, seleccionadas porque representan la humedad típica de los productos agrícolas secos y frescos. Se observó que a 60% de HR murieron todos los estados, excepto el de huevo en los cuales el efecto de la humedad relativa no fue significativo y murieron con mayor rapidez, que al 90%. El 60% de CO<sub>2</sub> fue más efectivo que el 0.5% de O<sub>2</sub> para matar todos los estadios del ciclo biológico de *C. pomonella*, excepto la pupa (Soderstrom y col., 1990).

El tiempo para alcanzar el 99% de la mortalidad (TL<sub>99</sub>) del insecto depende fuertemente de la concentración del O<sub>2</sub>, la temperatura y el estadio del insecto, en larvas del último estadio del gusano de la naranja (*Amyelois transitella* Walker) (Lepidóptera: Pyralidae) en 0% de O<sub>2</sub> la adición de 95% de CO<sub>2</sub> generalmente causa una reducción en el tiempo requerido para matar el insecto (Brandl y col., 1983).

El menor TL<sub>99</sub> se obtuvo para larvas *Cnephasia jactana* (Walker), *Ctenopseustis obliquana* (Walker) y *Planotortrix octo* (Dugdale) en el primer estadio en frutos de Kiwi como 18.8, 31.5 y 31.6 h respectivamente, en una combinación de 0.4% de O<sub>2</sub> y 5% de CO<sub>2</sub> a 20°C; cuando se aplicó el tratamiento a 40°C para obtener el 99% de mortalidad, el TL<sub>99</sub> disminuyó a 4.6 h o menos para las tres especies. Esta respuesta es similar a la

obtenida para *E. postvittana* en su estadio más resistente, quinto estadio (Whiting y col., 1991; Whiting y col., 1996).

La efectividad de la combinación de la concentración de los gases sobre la mortalidad de cada estado del ciclo biológico depende de la temperatura y expresa la falta de conocimientos de la forma en que actúan las atmósferas sobre la fisiología del insecto. Por lo tanto, no es conveniente extrapolar los resultados obtenidos en el laboratorio a la aplicación de las AC a nivel comercial (Soderstrom y col., 1991).

Para demostrar el efecto de la concentración de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y la temperatura se estudiaron varias etapas de *E. postvittana* y la AC de 0.4 % de O<sub>2</sub> y 5 % de CO<sub>2</sub> a 40°C fue más efectiva para matar las larvas de quinto estadio; el tiempo estimado fue de 4.2 h y debido a que los tiempos son muy cortos, las AC podrían ser usadas de una manera similar en escala comercial (Whiting y col. 1991).

En otro estudio, diversos estados de *Planotortrix octo* y *Ctenopseustis obliquana* expuestas a AC 0.4% O<sub>2</sub> y 5% CO<sub>2</sub> a 20 y 30°C mostraron el mismo patrón de incremento de la susceptibilidad, la larva de quinto estadio presentó mayor susceptibilidad que el tercer estadio y éste mayor que los huevos de tres días de edad y a su vez éstos mayor que el primer estadio (Whiting y col., 1992).

### I.3.HIPOTESIS Y OBJETIVOS

#### II.3.1. Hipótesis.

La combinación de concentraciones bajas de oxígeno y altas de dióxido de carbono a temperatura alta, pueden usarse como tratamiento cuarentenario para controlar huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*

#### II.3.2. Objetivos.

1. Determinar la mortalidad *in vitro* de huevos y larvas de tercer estadio de *A. obliqua* y *A. ludens* en  $\leq 0.5\%$  de O<sub>2</sub> y/o 50% de CO<sub>2</sub> a 44°C por 160 min,
2. Determinar las condiciones óptimas para obtener el 100% de mortalidad *in vitro* en huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por AC a alta temperatura en el tiempo más corto posible
3. Establecer las condiciones de atmósfera controlada, temperatura y tiempo para obtener la mortalidad a nivel probit 9, de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*.

## II.4. MATERIALES Y METODOS.

### II.4.1 Materiales.

II.4.1.1 Equipo. El equipo utilizado en los ensayos *in vitro* fueron la cámara de Atmósferas Controladas, el microscopio estereoscópico y la incubadora, los cuales fueron descritos en el Capítulo 1

### II.4.2. Material Biológico.

II.4.2.1. Insectos. Los huevos al 50% de desarrollo y larvas de tercer estadio de *A. obliqua* y *A. ludens* fueron proporcionados por el insectario del Centro de Entomología y Acarología del Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados y por la planta MOSCAFRUT de la Dirección de Sanidad Vegetal-SAGAR en Chiapas (Cuadro 2.2).

### II.4.3. METODOS.

II.4.3.1. Registro de Condiciones Ambientales en la Cámara. Los registros de temperatura y concentración de los gases se efectuó como se describió en el Capítulo 1.

II.4.3.2. Manejo de Muestras. Los huevos de *A. ludens* provenientes del CP se manejaron como se describió en el Capítulo 1. Los huevos de *A. obliqua* provenientes de la Planta Moscafrut se colectaron durante 8 h, al siguiente día se transportaron en agua a temperatura ambiente en un envase de plástico sellado y al llegar al laboratorio se dejaron en la incubadora a 25-27°C. Las larvas de las especies *A. obliqua* y *A. ludens*, en los laboratorios ya mencionados, al emerger se infestaron las dietas correspondientes (Cuadro A.1.1) y se colocaron a temperaturas de 27°C para su desarrollo, el traslado se efectuó en dicha dieta y cuando tenían siete días de desarrollo y se utilizaron al siguiente día, que correspondió al inicio del tercer estadio (Leyva, 1988).

II.4.3.3. Mortalidad en huevo. Metodología descrita en el Capítulo 1.

II.4.3.4. Mortalidad en Larvas. Metodología descrita en el Capítulo 1.

II.4.3.5. Análisis Estadístico. Las condiciones evaluadas consistieron de siete niveles de temperatura y diversas concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> (Cuadro 2.2), se realizaron tres repeticiones de 240 huevos y 240 larvas para cada tratamiento y un control, también de 240 insectos pero sin tratar (Robertson y col., 1984). y en todos los ensayos se registró el número de insectos sobrevivientes, a partir de los cuales se calculó el porcentaje de mortalidad corregida por medio de la fórmula de Abbott (Abbott, 1925).

Cuadro 2.2. Temperatura, tiempo y concentraciones de los gases evaluadas para obtener la mortalidad de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*.

Tratamiento		Tratamiento		
Temperatura (°C)/ tiempo (min)	Origen del insecto		Atmósfera (0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub> )*	
	<i>A. obliqua</i>	<i>A. ludens</i>	Temperatura (°C)	tiempo (min)
<b>44°C, 160 min</b>			40	240
Aire	CH	CP		
0% O <sub>2</sub>	CH	CP	44	80
13% O <sub>2</sub> , 20% CO <sub>2</sub>	CH	CP	44	160
0% O <sub>2</sub> , 50% CO <sub>2</sub>	CH	CP	44	240
<b>48°C, 160 min.</b>			48	80
0% O <sub>2</sub> , 50% CO <sub>2</sub>	CH	CP	48	160
			48	240
<b>48°C @ 220 min.</b>				
Aire	CH	CP	55	80
0% O <sub>2</sub> , 50% CO <sub>2</sub>	CH	CP	55	160
			55	240
<b>51°C, 240 min.</b>				
Aire	CH	CH		
0% O <sub>2</sub> , 50% CO <sub>2</sub>	CH	CH		
<b>52°C, 240 min.</b>				
Aire	CH	CH		
0% O <sub>2</sub> , 50% CO <sub>2</sub>	CH	CH		
<b>54°C, 240 min.</b>				
Aire	CH	CH		
0% O <sub>2</sub> , 50% CO <sub>2</sub>	CH	CH		
<b>55°C, 240 min.</b>				
Aire	CH	CH		
0% O <sub>2</sub> , 50 %CO <sub>2</sub>	CH	CH		

CH = Procedentes de la Planta Moscafrut CP = Procedentes del Insectario del Colegio de Postgraduados

\*Los insectos para estos ensayos fueron proporcionadas por CH

No se planteó diseño experimental pero; con la mortalidad corregida se realizaron análisis de varianza, pruebas de rango de Kruskal-Wallis con la comparación múltiple de medias y la prueba de Mann-Whitney para la comparación de dos medias; para determinar el mejor tratamiento, la influencia de los gases en la mortalidad, la susceptibilidad entre los estados del ciclo biológico y entre especies. Se realizó el análisis probit en los resultados obtenidos con la atmósfera controlada 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a temperaturas mayores de 50°C

por 240 min para la determinación de la dosis letal 99.9968 con los procedimientos generales lineales (Instituto SAS 1986-1996).

En el análisis probit se utilizaron los niveles de temperatura como variable independiente y como variable dependiente los probits a partir de la relación del total de insectos por tratamiento y el número de insectos que murieron. Dicho análisis probit se basa en el análisis de regresión lineal ( $Y = \alpha + \beta(X)$ ) ( $\alpha$  = intercepto y  $\beta$  = pendiente) del logaritmo de la dosis ( $X$ ) con el logaritmo de la probabilidad de la respuesta (unidades de probabilidad = Probit ( $Y$ )) de los insectos a las dosis expuestas. El utilizar la transformada de logaritmos es para hacer lineal la respuesta binaria (vivo = fracaso, muerto = éxito) que generalmente es asimétrica. La determinación de la dosis letal se efectúa a partir de los estimadores  $\alpha$  y  $\beta$  en la ecuación de la recta  $X = (Y - \alpha) / \beta$ ;  $DL = \text{antilog } X$

## II.5. RESULTADOS Y DISCUSION.

### II.5.1. Mortalidad a 44°C.

En la condición de aire a 44°C por 160 min los huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* estuvieron expuestos a una temperatura promedio de 43.3°C durante 150 min. Al repetir este experimento, las condiciones fueron muy semejantes, 43.6°C por 143 min. (Fig.2.4).

Los porcentajes de sobrevivencia en los controles de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* fueron de 45 y 44.6% respectivamente y fueron menores que en los tratados por lo tanto, no fue posible calcular el porcentaje de mortalidad corregida. En la repetición del ensayo el porcentaje de sobrevivencia en los controles fue de 36% para *A. obliqua* y 17.3% para *A. ludens*. Para larvas el porcentaje de sobrevivencia de los controles fue mayor del 90% y mayor que en los tratados, por lo que se calculó el porcentaje de mortalidad corregida para ambas especies en los dos ensayos (Cuadro A.2.1. y A.2.2).

En la combinación de la temperatura con 0% O<sub>2</sub> se tuvieron 43.7°C durante 156min. y la concentración de O<sub>2</sub> fue de 0.6% durante 146 min. En la repetición de este ensayo la temperatura fue muy inestable en un rango muy amplio de 43.8-45.3°C por 155min. y cuyo promedio fue de 45.18°C por 24 min. La concentración de O<sub>2</sub> fue de 0.5% por 134 min. (Fig. 2.5). Los porcentajes de sobrevivencia del control de huevos de *A. obliqua* fue de 33.2% y 57% para *A. ludens*, menor que los (Cuadro A.2.3. y A.2.4).

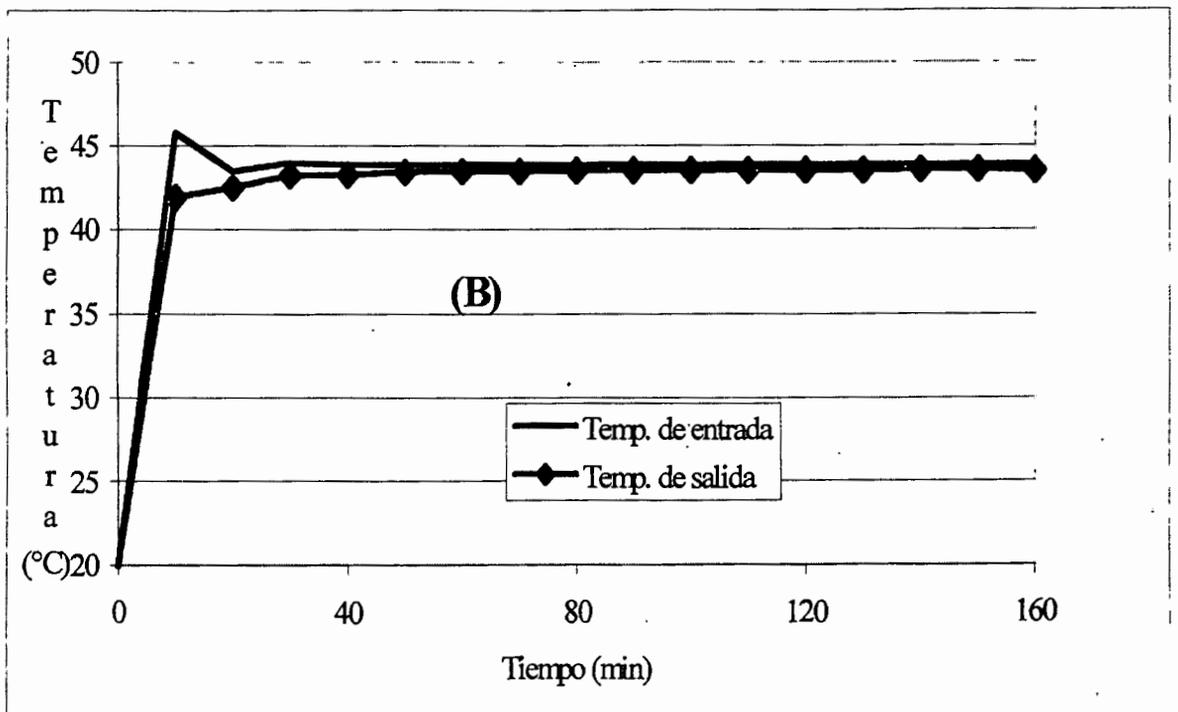
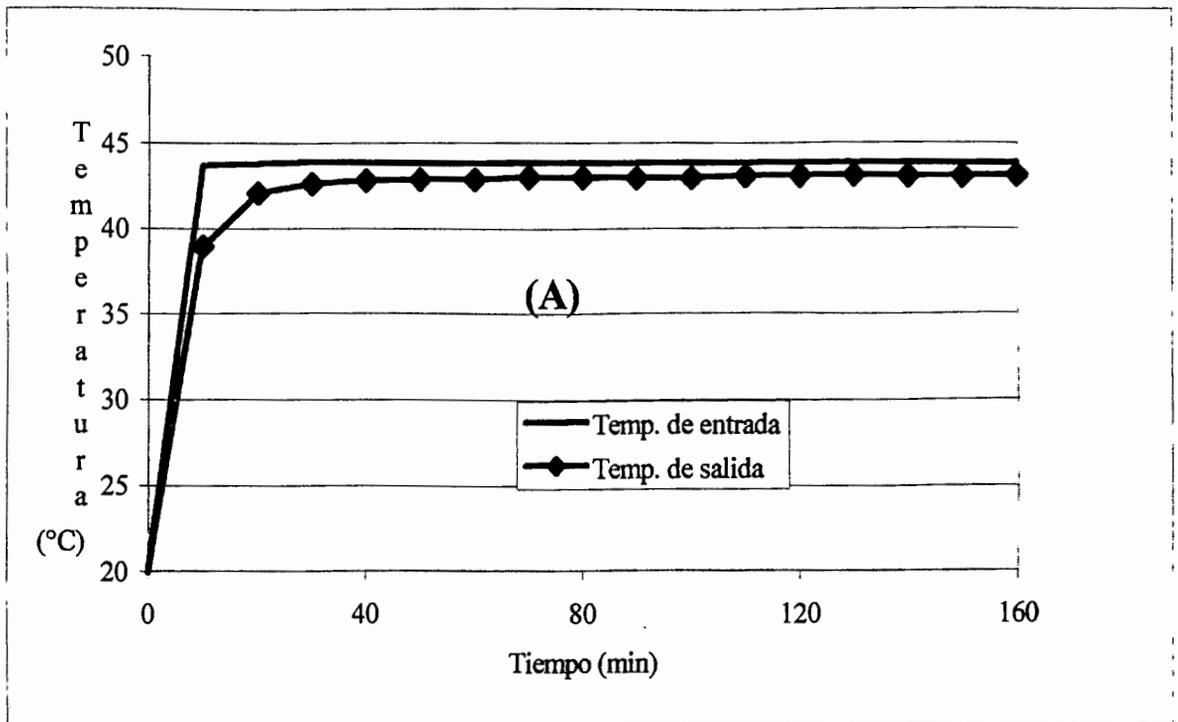


Figura 2.4. Evaluación de (A) aire a 44°C por 160 min y (B) repetición para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*

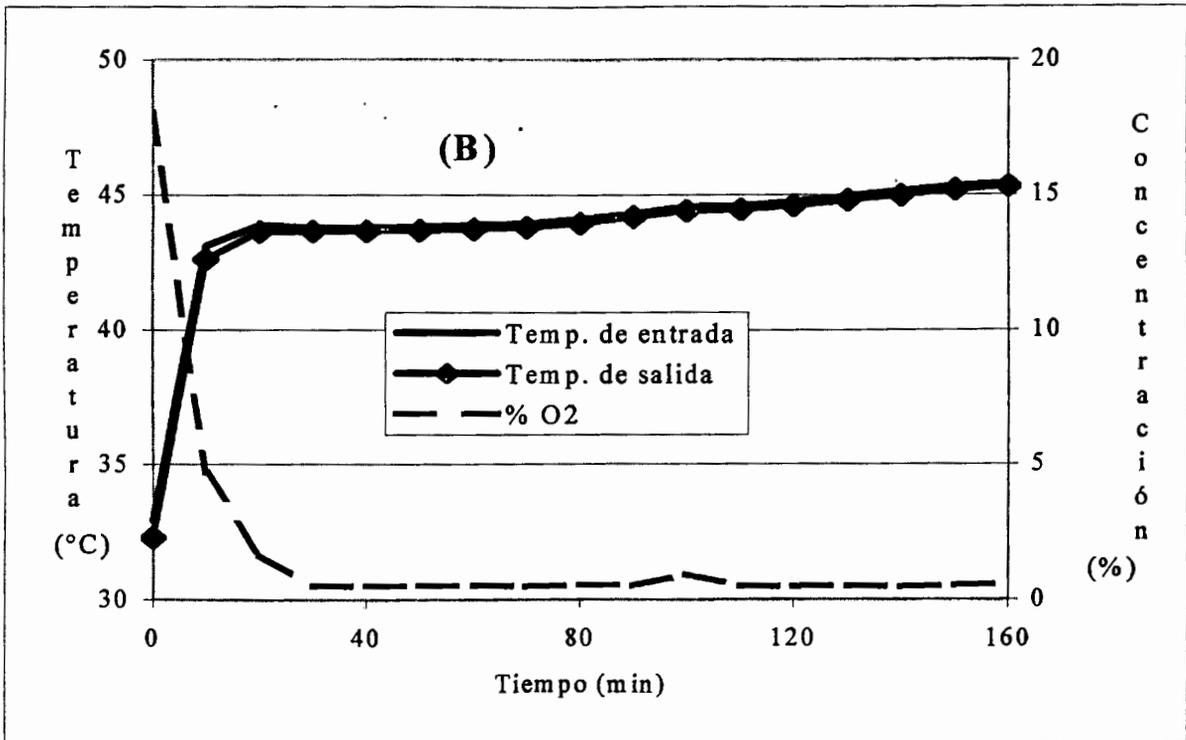
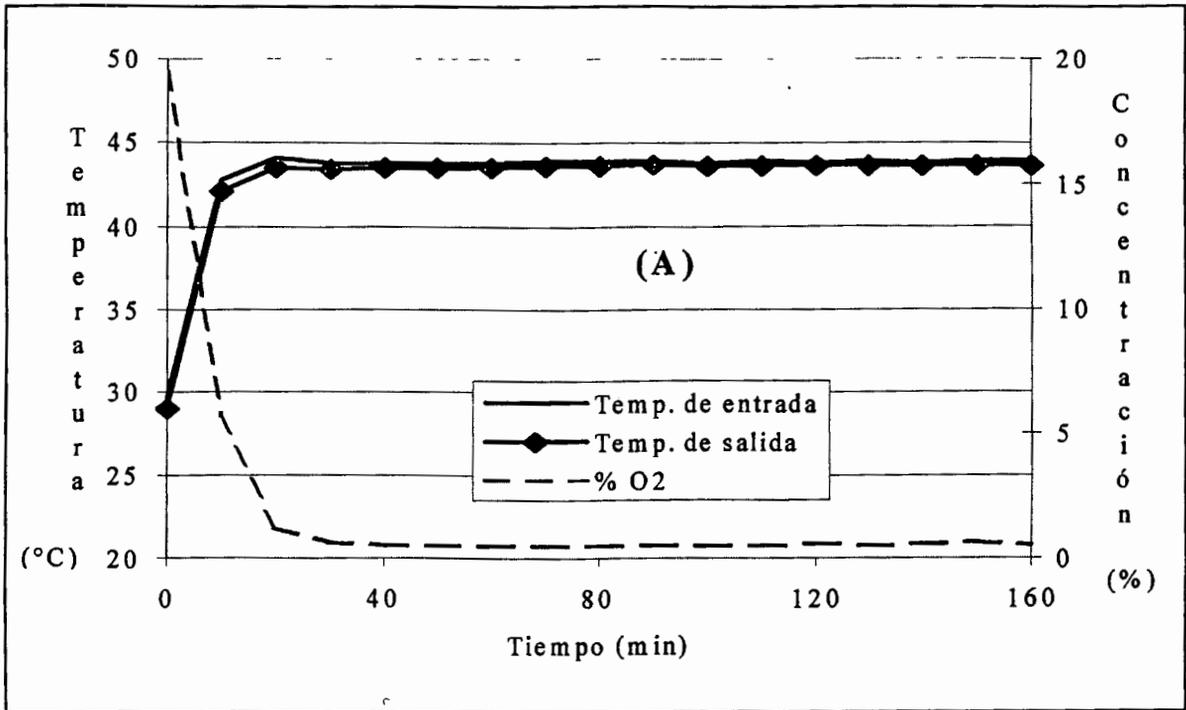


Figura 2.5. Evaluación de (A) la AC 0% O<sub>2</sub> a 44°C por 160 min y (B) repetición para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*

Cuando se aplicó 13% O<sub>2</sub> + 20% CO<sub>2</sub>, el rango de temperatura fue de 43.8 a 45.1°C por 151 min., en este ensayo, no se incluyeron muestras de huevos de *A. obliqua* debido a que estaban en la última fase de desarrollo embrionario y se había iniciado la eclosión. En la repetición del ensayo la temperatura promedio fue de 43°C por 105 min. En los dos ensayos la concentración de CO<sub>2</sub> se mantuvo en un promedio de 20.5%, con aproximadamente 12.6% O<sub>2</sub> por 146 min (Fig. 2.6). Los porcentajes promedio de sobrevivencia del control de huevos y larvas de las especies *A. obliqua* y *A. ludens* fueron mayores del 50% y mayores que los tratados, por lo tanto se calculó el porcentaje de mortalidad corregida para ambos estados del ciclo biológico (Cuadros A.2.5 y A.2.6).

Al combinar los cuatro factores la temperatura estuvo en el rango de 43 a 43.7°C por 150 min., los 43°C se mantuvieron solo por 52 min. y las concentraciones de los gases fueron 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>, en este ensayo no se incluyeron muestras de huevos de *A. obliqua* debido a que estaban en la última fase de desarrollo embrionario, las larvas estaban completamente formadas y se había iniciado la emergencia. En la repetición del ensayo la temperatura no fue estable y tuvo valores de 43.7-50°C, la atmósfera fue de 0.5 % O<sub>2</sub> y 21% CO<sub>2</sub> (Fig. 2.7); particularmente como puede observarse no fue una repetición de ensayos, sino condiciones completamente diferentes.

La baja sobrevivencia en los controles de huevos para la especie *A. obliqua* en el primer ensayo no permitió calcular la mortalidad corregida y en el segundo ensayo se calculó en una repetición. La sobrevivencia en larvas fue mayor del 70% (Cuadro A.2.7).

En algunas muestras de estos experimentos no fue posible calcular los porcentajes de la mortalidad corregida, ya que la sobrevivencia de los controles fue menor que la de las muestras expuestas a las atmósferas controladas; estos datos fueron desechados y la mortalidad corregida de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* resultante (Cuadro 2.3) fue muy variable entre repeticiones. Se presentaron diferencias mayores que el 50% entre algunas repeticiones de las cuatro condiciones evaluadas y en algunos casos se alcanzó el 100% de mortalidad para huevos de *A. obliqua* y larvas de *A. ludens*. Los porcentajes más bajos fueron obtenidos en la exposición al aire a 44°C para los dos estados del ciclo biológico de las dos especies. La atmósfera de 0% O<sub>2</sub> + 50 % CO<sub>2</sub> y temperatura ocasionó un mayor porcentaje de mortalidad (95%, 58% y 67 %) de huevos y larvas de *A. obliqua* y huevos de *A. ludens* que la temperatura en aire; la excepción fue en larvas de *A. ludens*

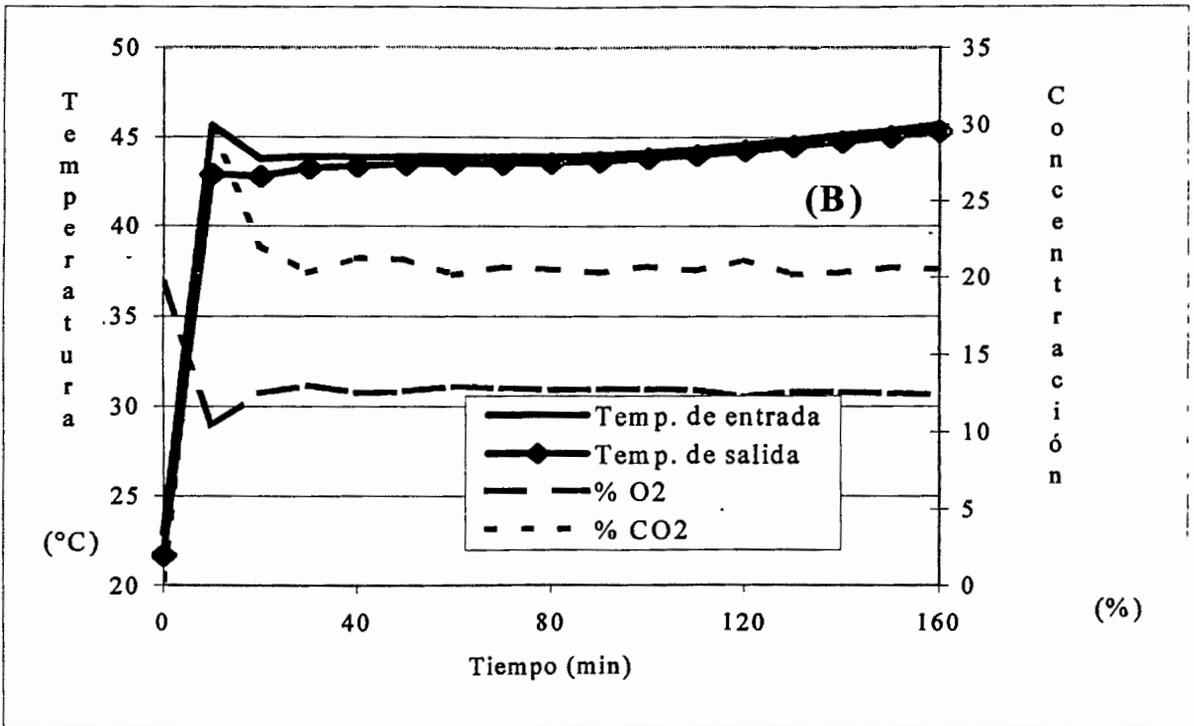
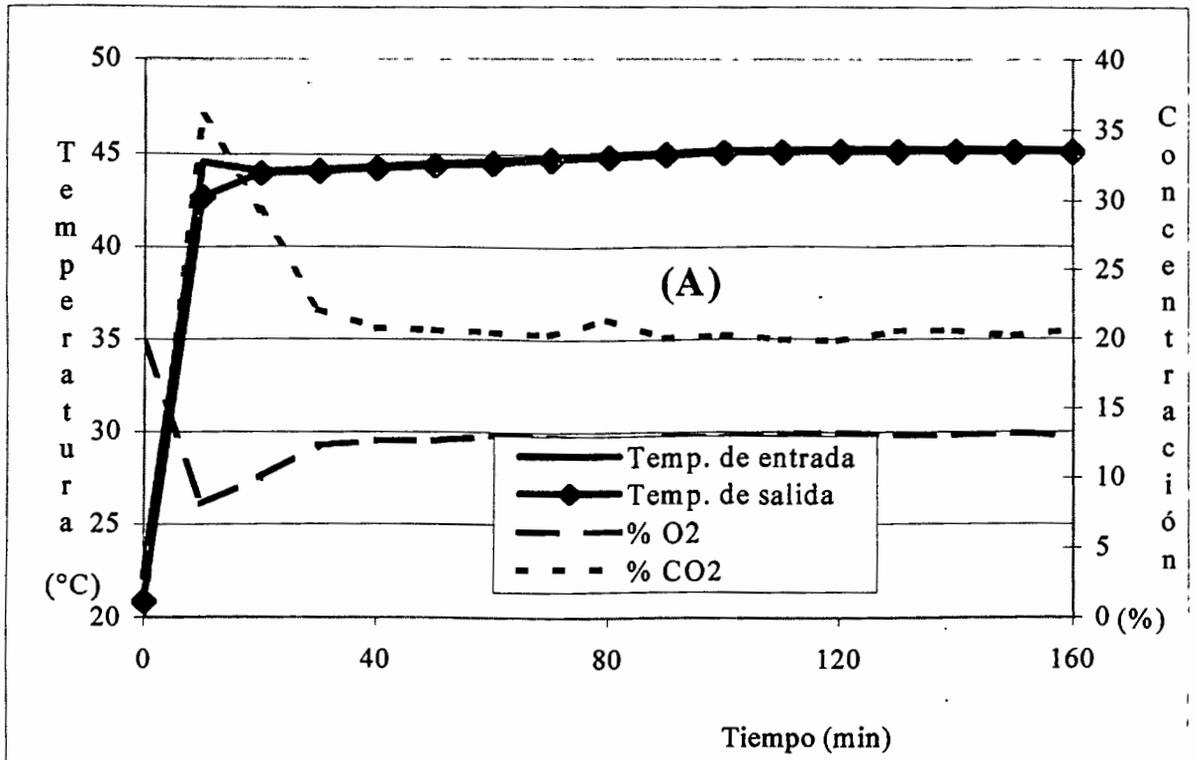


Figura 2.6. Evaluación de (A) la AC 13% O<sub>2</sub> + 20% CO<sub>2</sub> a 44°C por 160 min y (B) repetición para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*

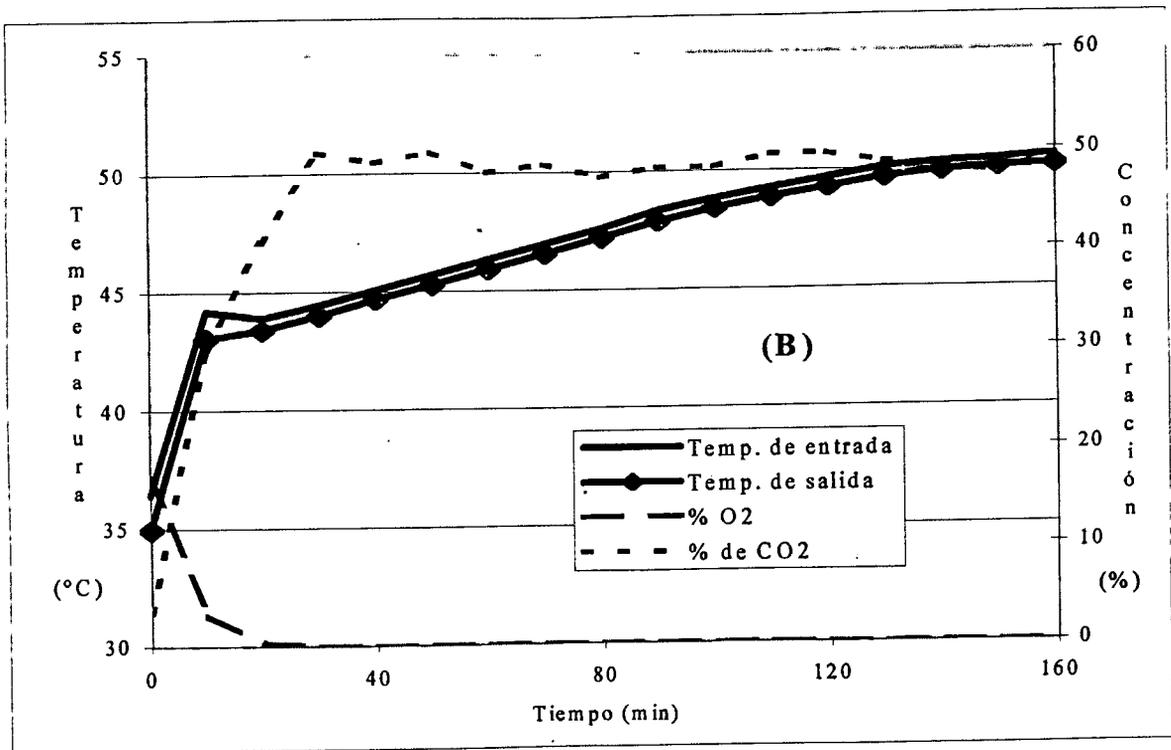
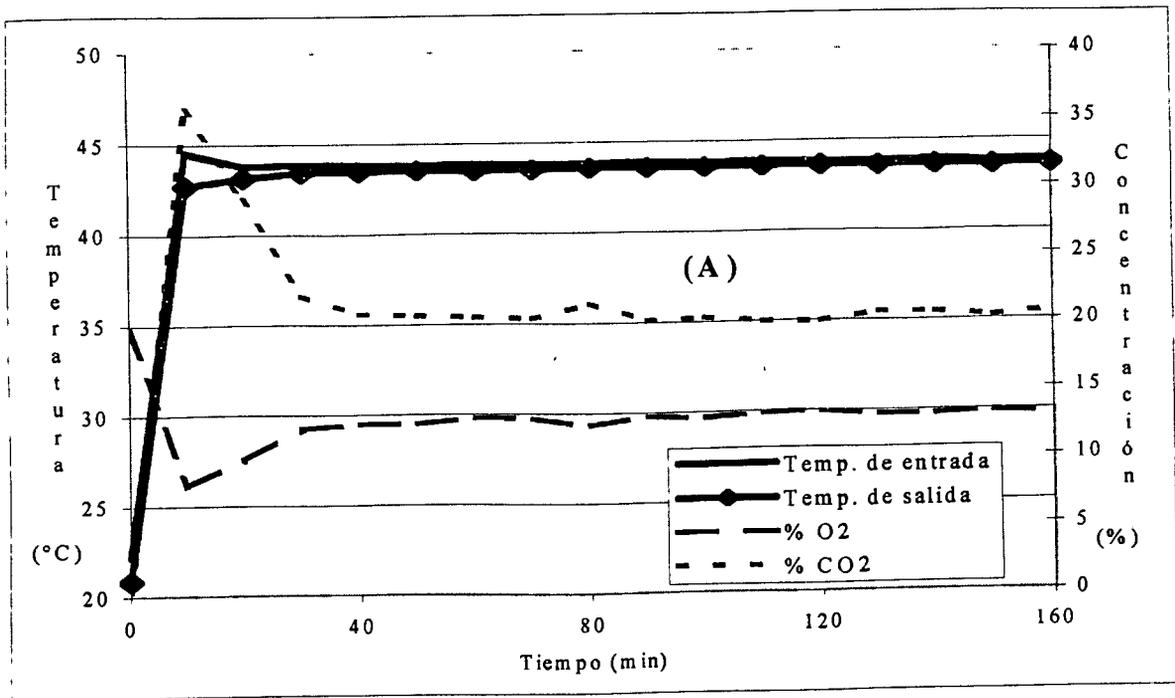


Figura 2.7. Evaluación de (A) la AC 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 44°C por 160 min y (B) repetición para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*.

Cuadro 2.3. Mortalidad corregida (%) de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* a 44°C por 160 min.

Atmósfera	Mortalidad Corregida (%)							
	<i>A. obliqua</i>				<i>A. ludens</i>			
	Huevo		Larva		Huevo		Larva	
	Rep	Prom	Rep	Prom	Rep	Prom	Rep	Prom
Aire	-	4.67	61.74	41.93	9.64	24.67	8.38	46.89
	-		19.01	(±8.62)	39.69	(±15)	7.74	(±17.45)
	4.67		60.98		-		8.94	
	-		37.90		-		97.50	
	-		15.22		-		81.25	
	-		56.75		-		77.50	
0 % O <sub>2</sub>	-	34.6	52.24	62.51	-	50.82	86.48	87.39
	-	(±2.04)	62.97	(±7.95)	71.59	(±20.8)	79.90	(±2.73)
	-		43.57		30.04		85.27	
	30.56		44.40		-		90.90	
	36.01		84.40		-		83.00	
	37.23		87.50		-		98.80	
13 % O <sub>2</sub> + 20 % CO <sub>2</sub>	Sm	37.58	-	65.26	66.07	39.45	-	52.10
	Sm	(±5.13)	29.01	(±17.47)	58.93	(±9.87)	35.91	(±17.20)
	Sm		24.66		43.75		33.86	
	27.54		88.00		47.65		81.52	
	44.45		93.04		6.04		78.81	
	40.74		91.59		14.32		47.58	
0 % O <sub>2</sub> + 50 % CO <sub>2</sub>	Sm	100	77.49	84.10	99.05	92.57	70.82	79.60
	Sm		85.97	(±6.74)	98.58	(±6.31)	54.70	(±9.49)
	Sm		55.62		98.64		52.06	
	-		100		100		100	
	-		85.52		98.10		100	
	100		100		61.04		100	

Rep. Repetición. Prom. Promedio. Números entre paréntesis es el error estándar. (-) No fue posible calcular la mortalidad corregida. Sm. Sin muestra.

donde la atmósfera de 0% de O<sub>2</sub> fue la que causó mayor porcentaje de mortalidad (40%) que la temperatura en aire y (7.79%) que la atmósfera de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>.

Se realizó el análisis de varianza unifactorial de la mortalidad corregida de larvas de *A. obliqua* y huevos y larvas de *A. ludens* (Cuadro 2.4) y hubo diferencia significativa con los datos de huevos de *ludens*. En el análisis de la mortalidad corregida con la prueba de Kruskal-Wallis (Cuadro 2.4) se determinó significancia con la mortalidad corregida de huevos de *A. ludens* y al realizar la prueba de comparación múltiple de medias el efecto de

la atmósfera 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> fue diferente al que causaron las otras atmósferas, por lo que se infirió que fue la más eficiente.

Cuadro 2.4. Análisis de varianza unifactorial y Prueba de Kruskal-Wallis de la mortalidad corregida de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*. en atmósferas evaluadas a 44°C por 160 min.

Atmósfera	<i>A. obliqua</i>		<i>A. ludens</i>	
	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas
<b>Unifactorial</b>				
Aire	4.67	41.93	24.67 a	46.89 a
0% O <sub>2</sub>		62.51	50.82 ab	87.39 a
13% O <sub>2</sub> + 20% CO <sub>2</sub>		65.26	39.45 ab	52.10 a
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>		84.01	92.57 b	79.60 a
F <sub>0</sub>		3.06	8.5	2.86
Gl		3,19	3,12	3,19
F <sub>0.05</sub>		3.127	3.49	3.127
Significancia		NS	S	NS
<b>Kruskal-Wallis</b>				
T <sub>0</sub>		6.77	9.94	7.45
X <sup>2</sup> <sub>0.05</sub> (3) = 7.8147				
Significancia		NS	S	NS

$\alpha = 0.05$ . Medias calculadas con la misma letra son estadísticamente iguales. F<sub>0</sub> Función de distribución calculada. Gl Grados de libertad. NS No significativo. S Significativo

Se realizó el análisis de varianza unifactorial, considerando la estabilidad de la temperatura en la cámara de las atmósferas controladas, con la mortalidad corregida de cada estado del primer ensayo (Cuadro 2.5). La respuesta del análisis fue significativa para huevos y larvas de *A. ludens*, la separación de medias indicó que el 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> fue estadísticamente diferente al de aire pero igual a los otros tratamientos y en las larvas el 0%O<sub>2</sub>. Esta significancia se presentó también en el análisis de Kruskal-Wallis.

### II.5.2. Mortalidad a 48°C.

En los ensayos a 48°C se incluyeron pruebas con aire por 220 min y con la combinación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> por 160 y 220 min.

En aire a 48°C por 220 min. la temperatura promedio fue de 47.5°C estable durante 213 min. y en la repetición del ensayo la temperatura fue de 47.4°C que permanecieron por 210 min. e igualmente sin grandes variaciones (Fig. 2.8). La sobrevivencia del control de

huevos alcanzó el 50% para ambas especies y para larvas fue del 82 al 99.6% (Cuadros A.2.9 y A.2.10).

Cuadro 2.5. Separación de medias de la mortalidad corregida (%) de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*. en atmósferas evaluadas a 44°C por 160 min.

Atmósfera	<i>A. obliqua</i>		<i>A. ludens</i>	
	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas
<b>Unifactorial</b>				
Aire		47.24 a	14.35 a	8.35 d
0% O <sub>2</sub>		52.93 ab	29.49 a	83.89 a
13% O <sub>2</sub> + 20% CO <sub>2</sub>		26.84 a	55.91 ab	34.89 c
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>		73.02 b	98.76 b	59.19 b
F <sub>0</sub>		3.29	9.1	96.1
G <sub>1</sub>		3,7	3,6	3.7
F <sub>0.05</sub>		4.347	4.757	4.347
Significancia		NS	S	S
<b>Kruskal-Wallis</b>				
T <sub>0</sub>		4.8	6.98	22.1
X <sup>2</sup> <sub>0.05</sub> (3) = 7.8148				
Significancia		NS	NS	S
<b>Multifactorial</b>				
Aire		17.90		
0% O <sub>2</sub>		32.50		
13% O <sub>2</sub> + 20% CO <sub>2</sub>		21.97		
0 %O <sub>2</sub> , + 50% CO <sub>2</sub>		71.07		
Estado del ciclo biológico				
Huevo		27.44		
Larva		44.05		
Especie				
<i>Anastrepha obliqua</i>		26.27		
<i>Anastrepha ludens</i>		45.22		

$\alpha = 0.05$ . Medias calculadas con la misma letra son estadísticamente iguales.

En la atmósfera 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> la temperatura promedio fue de 47.7 °C por 214 min. La concentración aproximada de O<sub>2</sub> fue de 0.11% por 210 min. y para el CO<sub>2</sub> de 49.3% por 195 min. En la repetición del ensayo se tuvieron las mismas (Fig. 2.9). Los porcentajes de sobrevivencia de los controles de huevos fueron mayores del 80% y para larvas mayores del 89% (Cuadros A.2.11 y A.2.12).

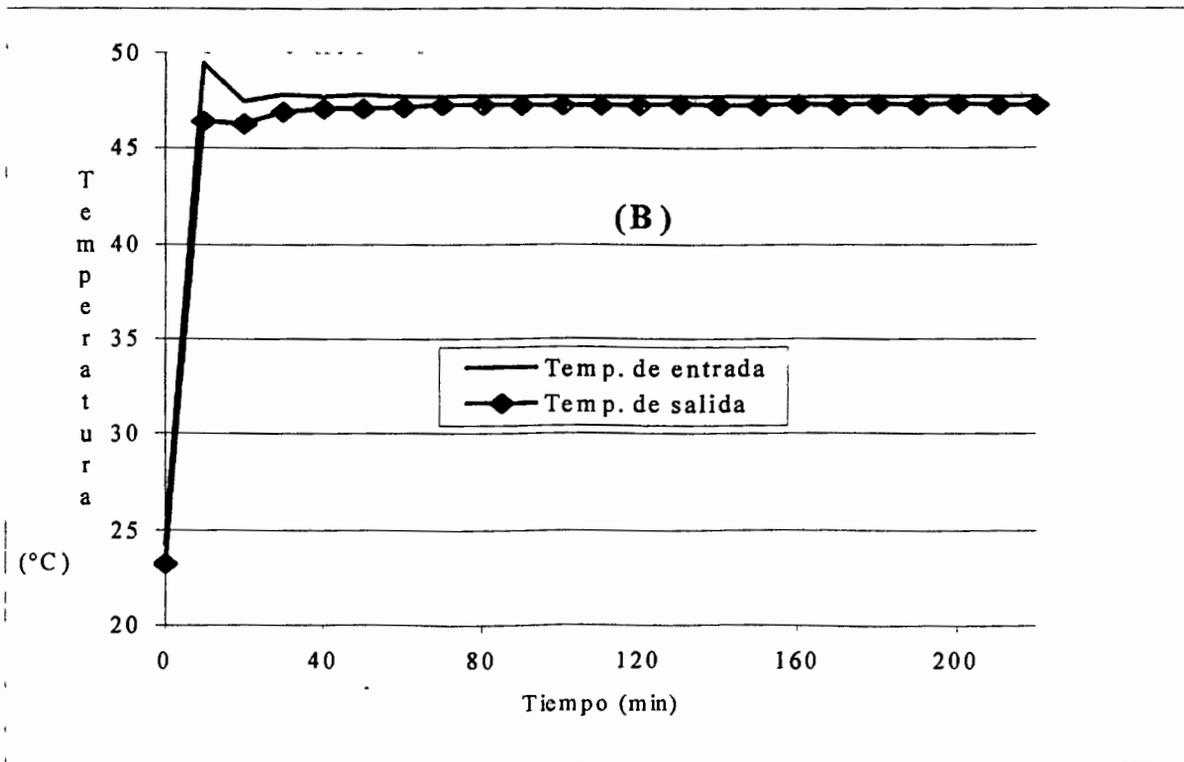
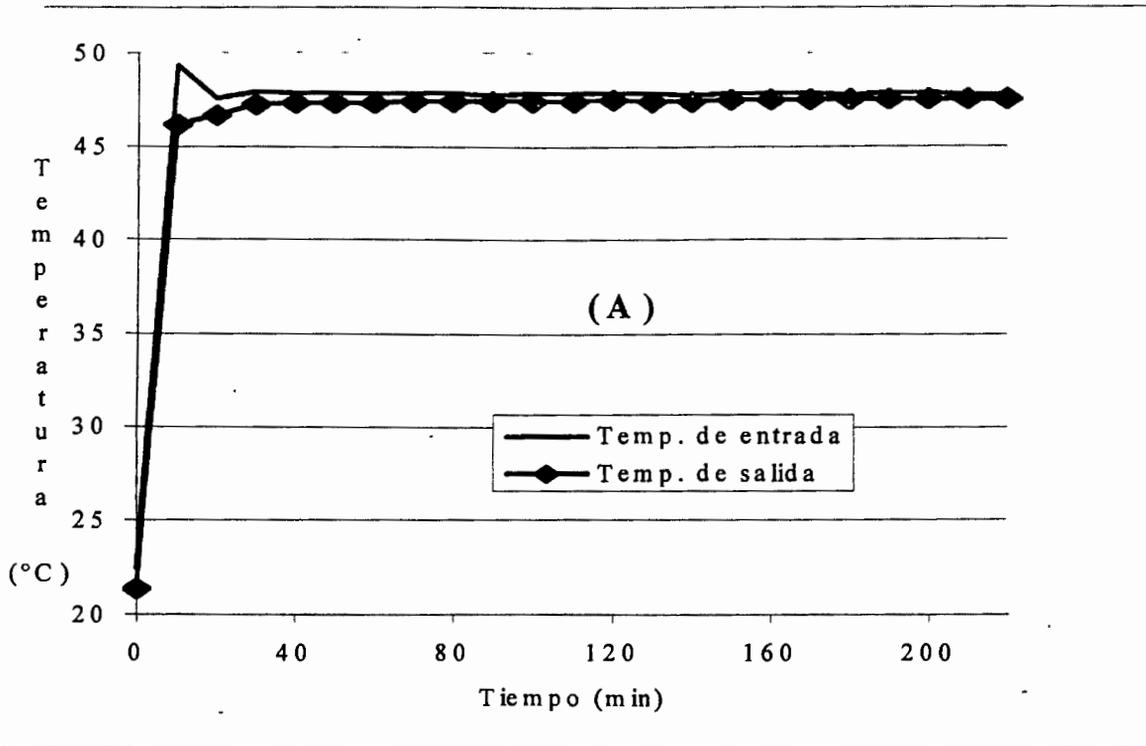


Figura 2.8. Evaluación de (A) aire a 48°C por 220 min y (B) repetición para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*.

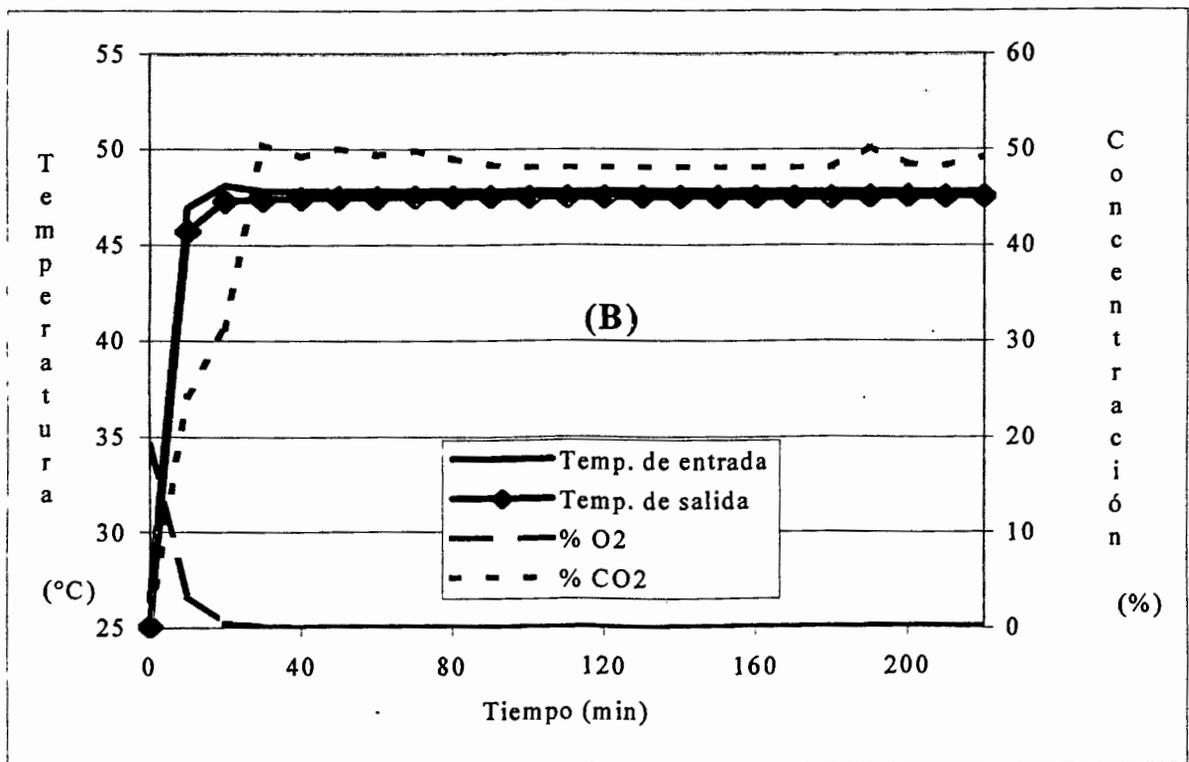
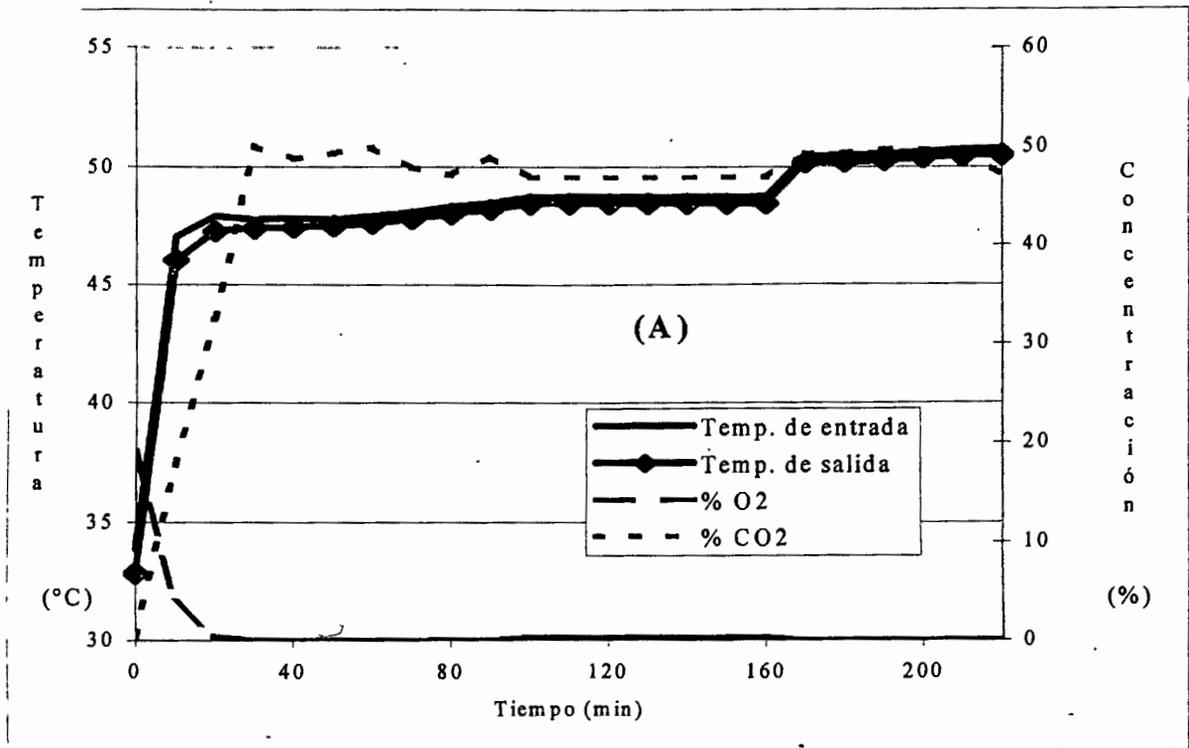


Figura 2.9. Evaluación de (A) la AC 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 48°C por 220 min y (B) repetición para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*.

Al evaluar 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 48°C por 160 min, la temperatura promedio estuvo en 47.9°C durante 156 min., la concentración de O<sub>2</sub> fue de 0.25% por 148 min y la de CO<sub>2</sub> por 130 min (Fig. 2.10).

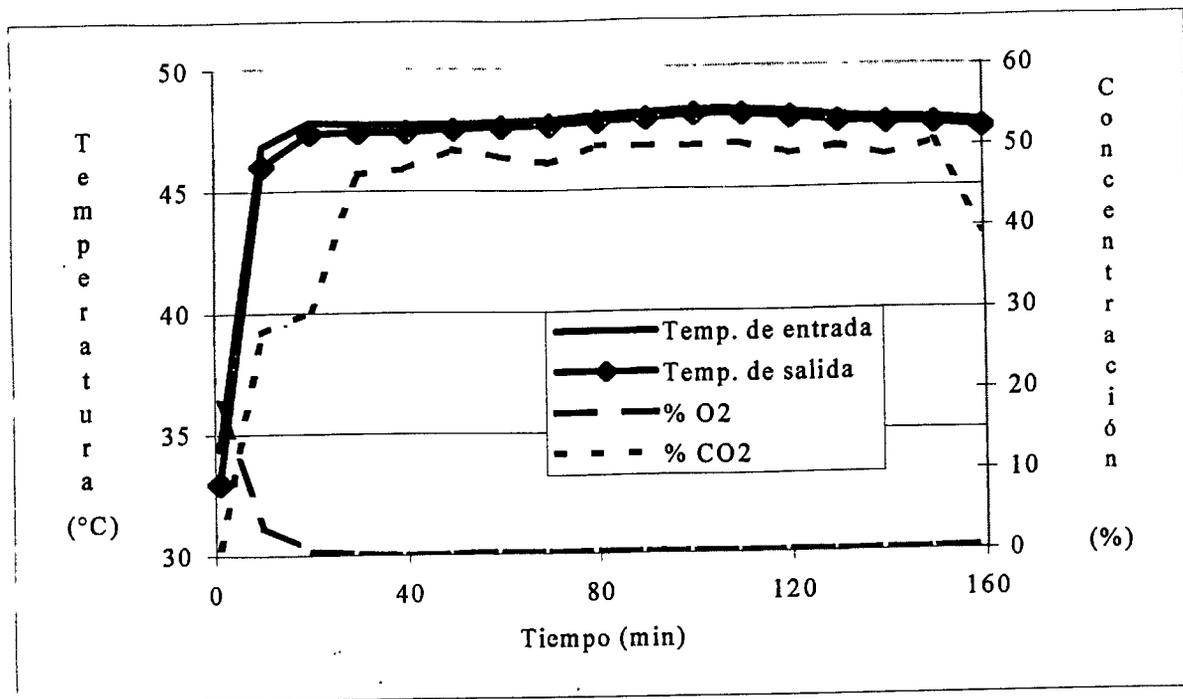


Figura 2.10. Evaluación de la AC 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 48°C por 160 min para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*.

La exposición de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* a 48°C por 160 y 220 min proporcionó altos porcentajes de mortalidad (Cuadro 2.6). Con la atmósfera 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> por 160 min se obtuvo el 100% de mortalidad de huevos de *A. obliqua* y larvas de *A. ludens*, el 99.86% y 31.8% de larvas de *A. obliqua* y huevos de *A. ludens*, respectivamente. Estos resultados hicieron suponer que al aumentar el tiempo de exposición se obtendría el 100% de mortalidad en los dos estadios del ciclo para las dos especies, por lo tanto se incrementó el tiempo a 220 min.

Cuadro 2.6. Mortalidad corregida (%) de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* a 48°C por 160 y 220 min.

Atmósfera	Mortalidad Corregida (%)							
	<i>A. obliqua</i>				<i>A. ludens</i>			
	Huevo		Larva		Huevo		Larva	
	Rep	Prom	Rep	Prom	Rep	Prom	Rep	Prom
<b>160 min</b>								
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>	100	100	100	99.86	-	31.78	100	100
	100		100	(±0.14)	17.01	(±35.93)	100	
	100		99.59		100		100	
<b>220 min</b>								
Aire	89.12	69.73	97.93	99.07	100	85.95	100	100
	63.95	(±11.84)	99.20	(±0.49)	78.92	(±10.42)	100	
	50.56		97.27		100		100	
	24.14		100		100		100	
	90.60		100		36.78		100	
	100		100		100		100	
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>	40.11	76.18	100	100	39.00	78.51	100	100
	100	(±10.60)	100		100	(±12.56)	100	
	78.18		100		38.87		100	
	92.77		100		100		100	
	48.46		100		93.21		100	
	97.55		100		100		100	

Rep. Repetición. Prom. Promedio. Números entre paréntesis es el error estándar. (-) No fue posible calcular la mortalidad corregida.

La mortalidad corregida de huevos de *A. obliqua* expuestos a la temperatura en aire por 220 min fue menor 6.45% que la obtenida con la atmósfera 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a la misma temperatura y tiempo; en huevos de *A. ludens* el efecto fue inverso, hubo 7.43% mayor mortalidad con la temperatura en aire que con la atmósfera. Sin embargo, en larvas de las dos especies se presentó el 100% de mortalidad con la atmósfera 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>, que en larvas de *A. obliqua* fue (0.93%) mayor que el porcentaje causado por la temperatura en aire y en larvas de *A. ludens* las dos condiciones causaron el 100% de mortalidad.

En el análisis de varianza unifactorial de la mortalidad corregida de huevos y larvas de *A. obliqua* y larvas de *A. ludens* (Cuadro 2.7), causada por la exposición a 220 min, no hubo diferencia significativa entre la mortalidad causada por la temperatura en aire y en la atmósfera 0% O<sub>2</sub> + 50 % CO<sub>2</sub>. Al comparar la mortalidad con la prueba de Mann-Whitney no

hubo diferencia significativa, por lo que se aceptó la igualdad de los efectos de las dos atmósferas sobre la mortalidad de los dos estadios de las dos especies.

Cuadro 2.7. Separación de medias de la mortalidad corregida (%) de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en atmósferas evaluadas a 48°C por 220 min.

	<i>A. obliqua</i>		<i>A. ludens</i>	
	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas
<b>Unifactorial</b>				
Aire	69.73 a	99.40 a	85.00 a	100.00
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>	76.18 a	100.00 a	78.00 a	100.00
F <sub>0</sub>	0.165	1.819	0.208	
G1	1,10	1,10	1,10	
F <sub>0.05</sub>	4.965	4.965	4.965	
Significancia	NS	NS	NS	
<b>Mann-Whitney</b>				
T <sub>0</sub>	15.5	9	16	
T <sub>α=0.05</sub> (6.6) = 28				
Significancia	NS	NS	NS	
<b>Multifactorial</b>				
Aire		88.69 a		
0% O + 50% CO <sub>2</sub>		88.67 a		
Estado del ciclo biológico				
Huevo		77.59 a		
Larva		99.76 b		
Especie				
<i>Anastrepha obliqua</i>		86.24 a		
<i>Anastrepha ludens</i>		91.11 a		

α= 0.05. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el análisis de varianza multifactorial no hubo diferencia significativa entre los efectos de las atmósferas, ni entre especie, sin embargo, la mortalidad fue estadísticamente diferente entre estadios del ciclo biológico y el porcentaje de mortalidad de larvas fue 22% mayor que el de huevos.

Los bajos porcentajes de mortalidad de huevos de *A. obliqua* justificaron que se continuara con la experimentación y se aumentara la temperatura a valores mayores de

50°C para obtener el 100 de mortalidad de los dos estadios del ciclo biológico de las dos especies.

### II.5.3. Mortalidad a Temperaturas Mayores de 50°C por 240 min.

Las condiciones de este grupo de ensayos consistieron de temperaturas mayores de 50°C aplicados por 240 min en aire y la combinación de gases (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) (Cuadro 2.1). Al determinar la mortalidad en aire a 51°C por 240 min; tanto huevos como larvas estuvieron expuestos a un rango de temperatura promedio de 48.2 por 207 min. (Fig. 2.11).

Los porcentajes de sobrevivencia del control de huevos de *A. obliqua* fueron mayores del 50% y para *A. ludens* mayor del 80% y las larvas tuvieron una sobrevivencia mayor del 95% para las dos especies (Cuadros A.2.15 y A.2.16).

Al combinar la temperatura de 51°C con la atmósfera la temperatura promedio fue de 49.6°C por 235 min., la concentración de 0.29% O<sub>2</sub> por 229 min. y 48 % CO<sub>2</sub> por 213 min. (Fig. 2.11.B). La sobrevivencia del control de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* fue del 35.5 y 20.8% respectivamente y las larvas del control sobrevivieron en un 97 y 100% en el mismo orden de especies (Cuadros A.2.17 y A.2.18).

La siguiente temperatura evaluada fue de 52°C, que en aire tuvo una temperatura promedio de 51.5°C por 231 min. (Fig. 2.12.A). Sobrevivieron el 44% de los huevos y el 99% de las larvas (Cuadros A.2.19 y A.2.20).

Cuando los 52°C se combinan con la atmósfera de 0% O<sub>2</sub> + 50 % CO<sub>2</sub>, la temperatura promedio fue de 51.6°C por 231 min. y con 0.13% de O<sub>2</sub> por 231 min y 48.3% CO<sub>2</sub> por 214 min. (Fig. 2.12.B). La sobrevivencia de los controles en este ensayo fue del 50% y 60% de huevos y 99 y 98% de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* respectivamente (Cuadros A.2.21 y A.2.22).

En el ensayo de aire a 54°C la temperatura promedio fue de 53.6% por 235 min. (Fig. 2.13.A). La sobrevivencia de los controles de huevos de *A. obliqua* fue del 19% y 80% de huevos de *A. ludens*, las larvas sobrevivieron en un 100% (Cuadros A.2.23 y A.2.24).

La combinación de 54°C con la atmósfera de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> se aplicó con una temperatura promedio de 53.6°C por 235min.y 0.12% de O<sub>2</sub> por 222min.y 49.1 por 214 min.de CO<sub>2</sub> (Fig.2.13.B).La sobrevivencia de los controles de huevos de *A. obliqua* alcanzó

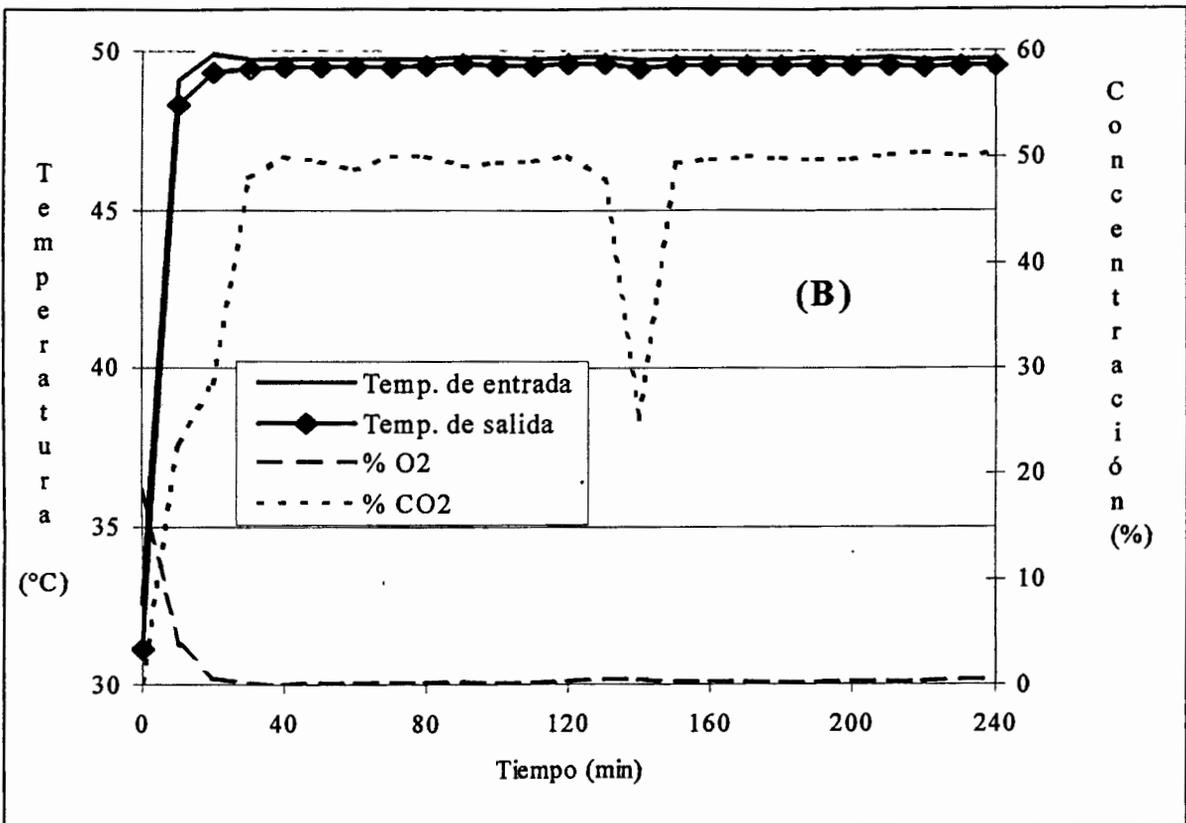
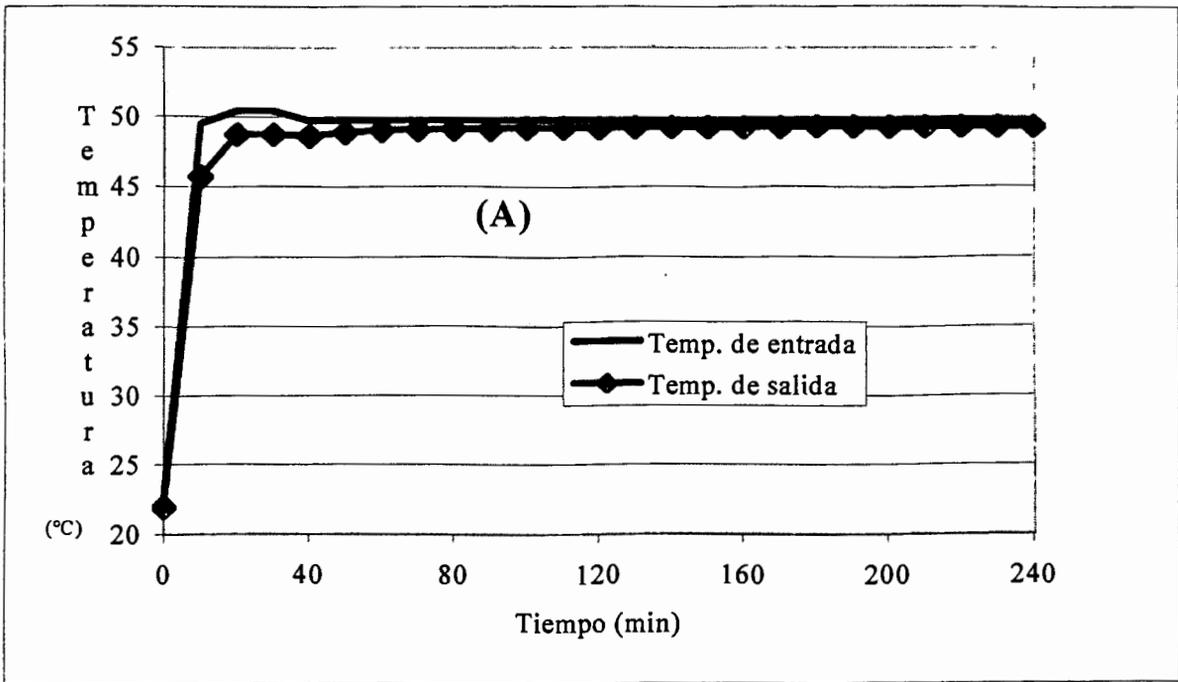


Figura 2.11. Evaluación de (A) aire y (B) 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 51°C por 240 min para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*

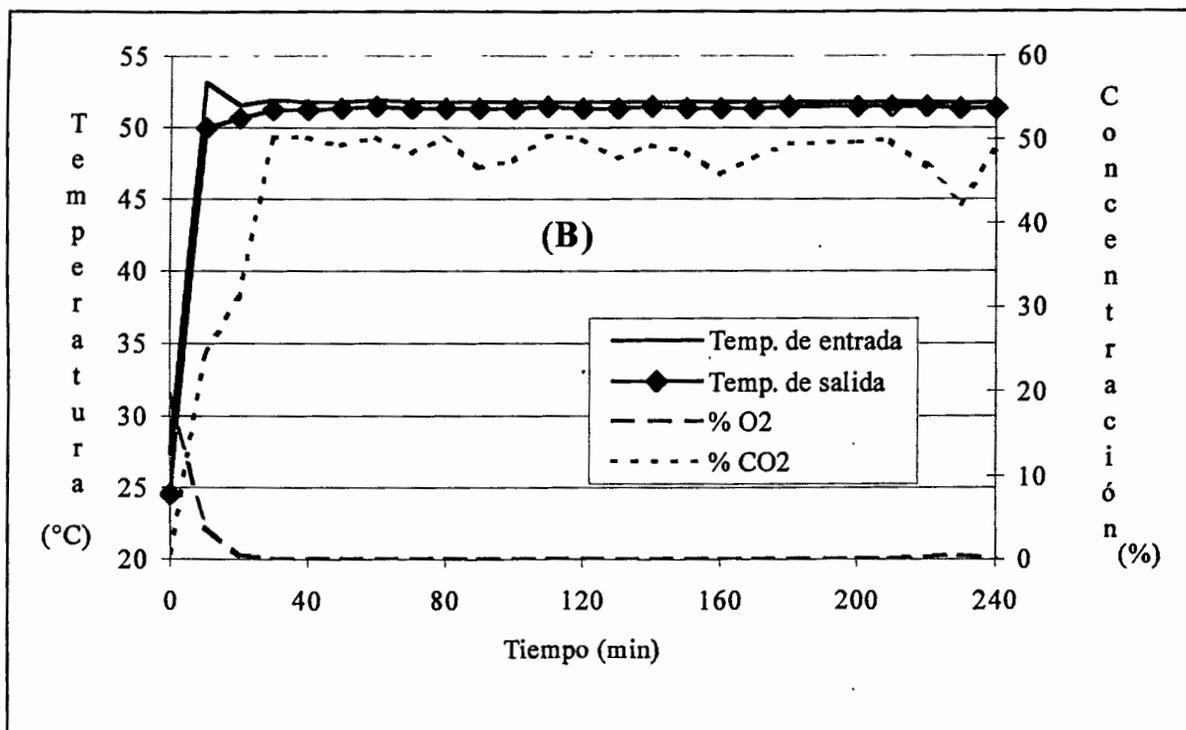
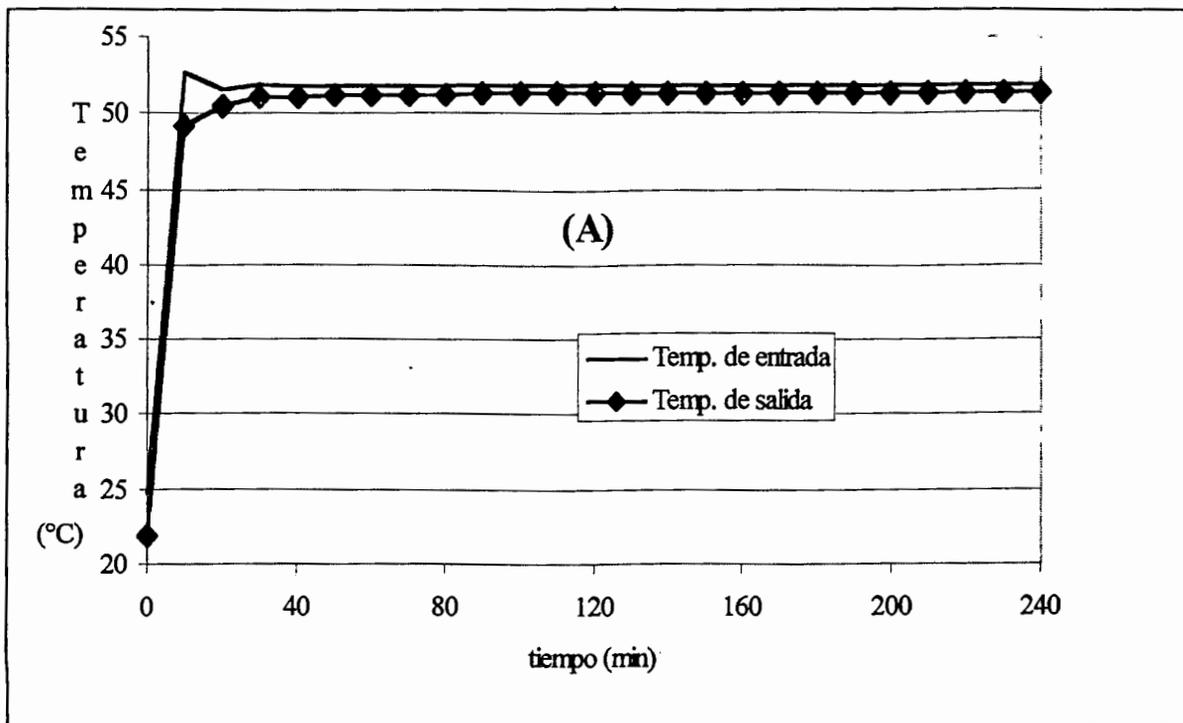


Figura 2.12. Evaluación de (A) aire y (B) 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 52°C por 240 min para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*

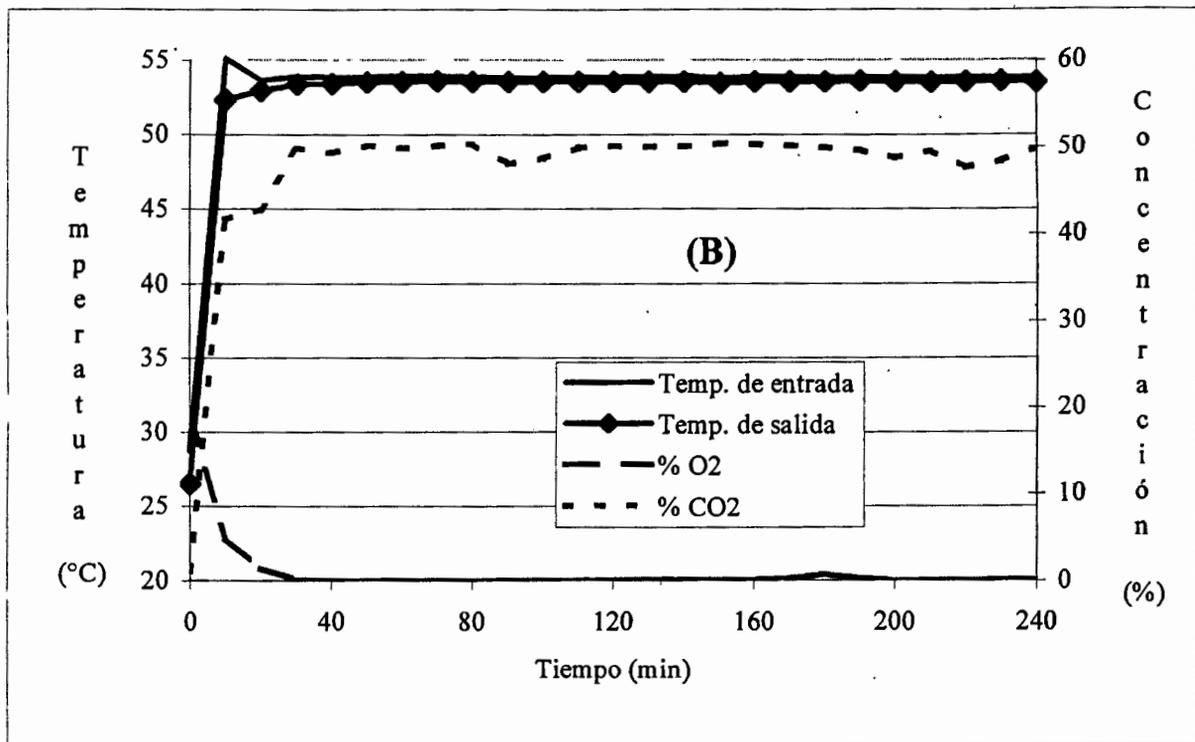
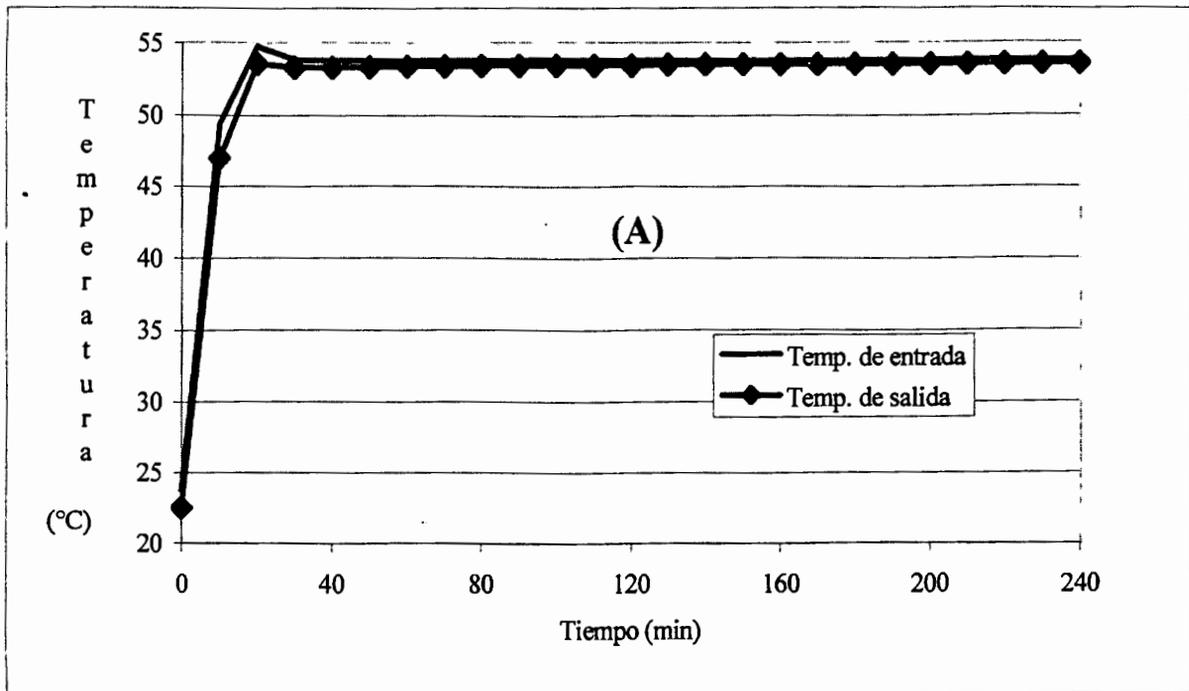


Figura 2.13. Evaluación de (A) aire y (B) 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 54°C por 240 min para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*

solo el 20% y 80% de huevos de *A. ludens*, las larvas sobrevivieron en 99% (Cuadros A.2.25 y A.2.26).

Al aplicar los 55°C en aire hubo una temperatura promedio de 55.74 por 240 min. (Fig. 2.14.A). La sobrevivencia de los controles fue del 70% y 60% de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* y del 98% de larvas de las dos especies (Cuadros A.2.27 y A.2.28A).

En la combinación de 55°C con la atmósfera de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> la temperatura promedio fue de 55.79°C por 235 min. (Fig. 2.14.B). La sobrevivencia de los controles fue del 57% y 70% de los huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* y 99 y 100% de larvas de cada especie respectivamente (Cuadros 2.29.A y A.2.30.A).

Los porcentajes de mortalidad obtenidos al exponer huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* a temperaturas mayores de 50°C, tanto en aire como en la atmósfera 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> fueron muy altos (Cuadro 2.8), de tal manera que la mortalidad de las larvas de las dos especies fue del 100% a 51°C tanto en aire como en 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>. Sin embargo, la mortalidad de huevos de *A. obliqua* causada por la temperatura en aire fue (8.18%) menor que en la atmósfera, a 52°C la mortalidad de huevos de *A. obliqua* en aire fue (36%) mayor que en la atmósfera y a 54°C se invirtieron los porcentajes con la temperatura y el aire fue del 100% y en la atmósfera (16.98%) menor y se alcanzó el 100% de mortalidad a 55°C en ambas atmósferas. Por otro lado, la mortalidad de huevos de *A. ludens* a 51°C fue del 100% y en la atmósfera fue (16.6%) menor, pero el 100% de mortalidad en ambas atmósferas se alcanzó a 52°C.

El análisis de varianza unifactorial de la mortalidad corregida de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* (Cuadro 2.9) indicó que el efecto de la temperatura en aire fue igual al de la atmósfera ya que no hubo diferencia estadística significativa.

El análisis multifactorial fue significativo y se observaron diferencias estadísticas que probablemente se deban a la diferencia del efecto 51°C con el de 55°C y del efecto obtenido con la temperatura en aire y la atmósfera, así como entre especies (Cuadro 2.9).

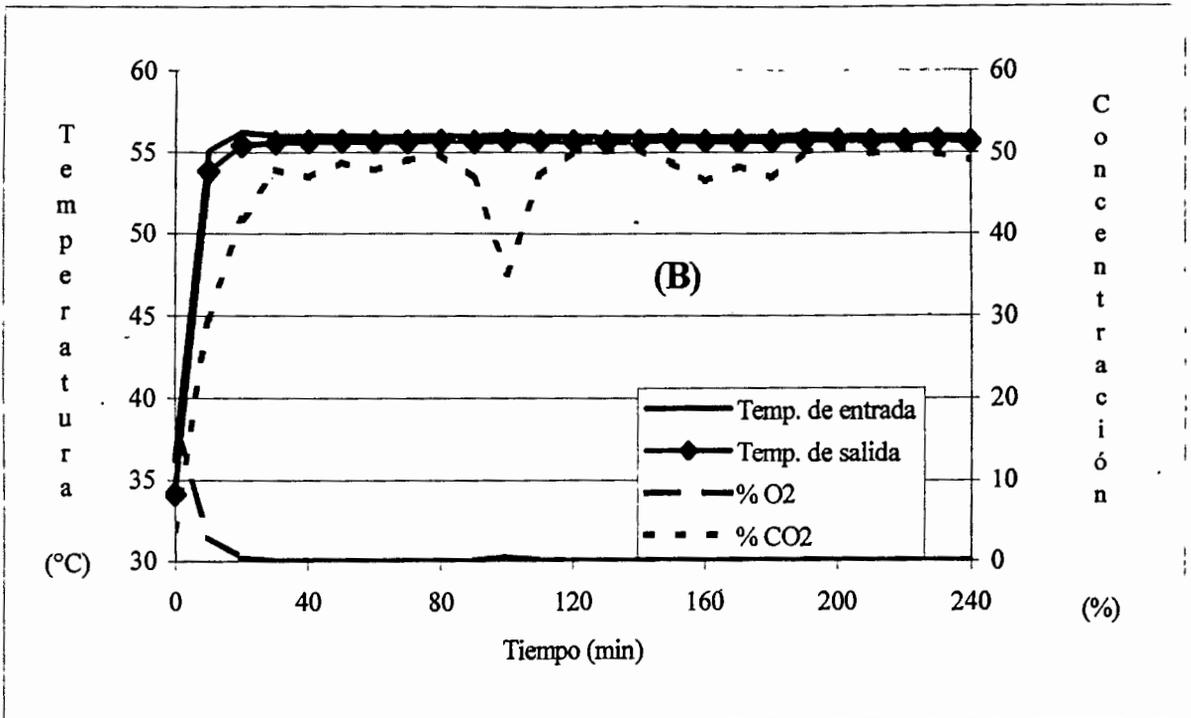
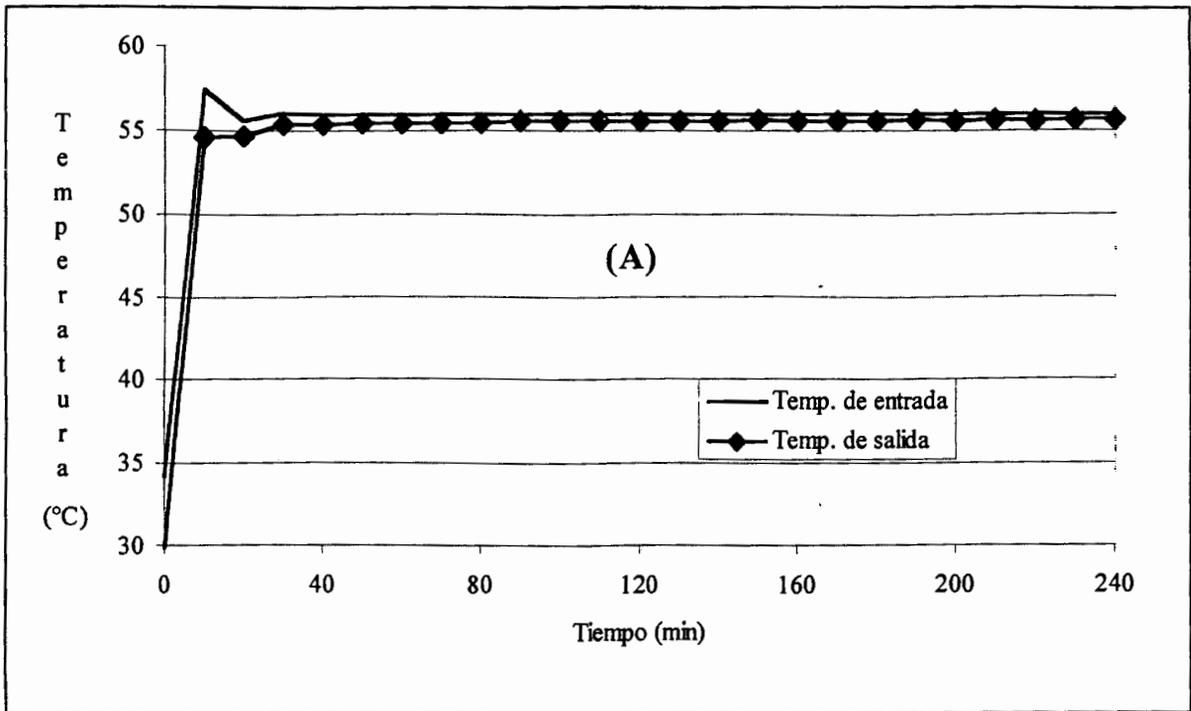


Figura 2.14. Evaluación de (A) aire y (B) 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 55°C por 240 min para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*.

Cuadro 2.8. Mortalidad corregida (%) de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* a temperaturas mayores de 50°C por 240 min

Temperatura Atmósfera	Mortalidad Corregida (%)							
	<i>A. obliqua</i>				<i>A. ludens</i>			
	Huevo		Larva		Huevo		Larva	
	Rep	Prom	Rep	Prom	Rep	Prom	Rep	Prom
<b>51°C</b> Aire	83.82	54.31	100	100	100	100	100	100
	86.90	(±31.06)	100		100		100	
	-		100		100		100	
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>	79.21	62.49	100	100	51.53	83.84	100	100
	43.83	(±10.26)	100		100	(±16.16)	100	
	64.43		100		100		100	
<b>52°C</b> Aire	100	100	100	100	100	100	100	100
	100		100		100		100	
	100		100		100		100	
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>	-	63.35	100	100	100	100	100	100
	100	(±34.57)	100		100		100	
	26.70		100		100		100	
<b>54°C</b> Aire	100	100	100	100	100	100	100	100
	100		100		100		100	
	100		100		100		100	
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>	49.05	83.02	100	100	100	100	100	100
	100	(±16.98)	100		100		100	
	100		100		100		100	
<b>55°C</b> Aire	100	100	100	100	100	100	100	100
	100		100		100		100	
	100		100		100		100	
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>	100	100	100	100	100	100	100	100
	100		100		100		100	
	100		100		100		100	

Rep. Repetición. Prom. Promedio. Números entre paréntesis es el error estándar. (-) No fue posible calcular la mortalidad corregida.

Cuadro 2.9. Separación de medias de la mortalidad corregida (%) en atmósferas evaluadas a temperaturas mayores de 50°C por 240 min. para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*.

Temperatura/Atmósfera	<i>A. obliqua</i>		<i>A. ludens</i>	
	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas
<b>Unifactorial</b>				
<b>51°C</b>				
Aire	54.31 a	-	100.00 a	-
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>	62.49 a	-	83.84 a	-
<b>52°C</b>				
Aire	100.00 a	-	-	-
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>	63.25 a	-	-	-
<b>54°C</b>				
Aire	100.00 a	-	-	-
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>	83.02 a	-	-	-
<b>Multifactorial</b>				
Temperatura				
51°C		82.9 a		
52°C		90.8 ab		
54°C		95.9 ab		
55°C		100.0 b		
Aire				
		98.17 b		
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>				
		86.59 a		
Especie				
<i>Anastrepha obliqua</i>		86.78 a		
<i>Anastrepha ludens</i>		97.98 b		

$\alpha = 0.05$ . Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el análisis probit de la respuesta de huevos de *A. obliqua* obtenida a temperaturas mayores de 50 °C (Cuadro 2.10) se observa que el valor de la  $X^2$  es muy grande comparado con el valor de tablas 6.0 esto indica que los datos no se ajustan al modelo de una línea recta. Así mismo, la probabilidad de  $X^2$  debe ser mayor que 0.05 para que la  $X^2$  sea significativa y los datos se encuentren distribuidos dentro de dicha área.

No se calcularon los límites fiduciales (máximos y mínimos) para las dosis letales. El análisis de regresión del logaritmo de la dosis contra los probits de la respuesta, mostró coeficientes de correlación muy grandes, lo que significa una alta correlación con la ecuación de la línea recta. Sin embargo, el valor crítico de F es mayor que 0.05, por lo que se consideró que dicha correlación no fue significativa.

Cuando se realizó un análisis probit con los datos obtenidos a 51, 54 y 55°C (Cuadro 2.11) donde se consideró que podrían ajustarse a una línea recta, el valor de la  $X^2$  fue igualmente muy grande comparado con el de tablas con un grado de libertad y se obtuvo una TeL probit 9 de 61°C.

Cuadro 2.10. Mortalidad de huevos de *Anastrepha obliqua* expuestos en 0% O<sub>2</sub> + 50 % CO<sub>2</sub> a temperaturas mayores de 50°C por 240 min y su análisis probit.

Temperatura (°C) (Dosis x)	No de Insectos			Log Dosis	Probit
	Total (N)	Muertos (r)	Mortalidad (%)		
51	816	617	75.6	1.7076	5.6932
52	831	621	74.7	1.7160	5.6648
54	859	829	96.5	1.7324	6.8123
55	782	782	100.0	1.7404	8.7191

#### Análisis Probit

##### Calculados

$\alpha$	51.98 ( $\pm 16.78$ )*
$\beta$	- 88.27 ( $\pm 28.81$ )*
$X^2$	62.87
GL	2
$X^2_{\alpha=0.05} (2)$	6.0
Prob > $X^2$	0.0000
$\mu$	1.69
$\sigma$	0.0193
DL <sub>50</sub>	49.88°C
IC. DL <sub>50</sub> (al 95 %)	-
DL <sub>99</sub>	55.29°C
DL <sub>99.9968</sub>	73.38°C

#### Regresión de Log Dosis vs Probit

Coef. De correlación	0.91
Coefficiente de determinación	0.83
R <sup>2</sup> ajustada	0.749
Valor crítico de F	0.087

\*Datos entre paréntesis es el error estándar. IC. Índice de confianza. DL. Dosis Letal.

Cuadro 2.11. Mortalidad de huevos de *Anastrepha obliqua* expuestos en 0% O<sub>2</sub> + 50 % CO<sub>2</sub> a temperaturas mayores de 50°C por 240 min y su análisis probit.

Temperatura (°C)	No. de Insectos muertos		Mortalidad
	Total	Muertos	(%)
51	816	617	75.6
54	859	621	96.5
55	782	782	100

$$n = 3; \quad GL = 1$$

$$m \pm EE = 0.433 \pm 0.0277$$

$$X^2 = 243.789; \quad X^2_{\alpha=0.05} = 3.84$$

$$\text{Covarianza} = -0.09877$$

$$TL_{50} = 49.43^\circ\text{C} \quad (49.02 - 49.75)$$

$$TL_{99} = 54.80^\circ\text{C} \quad (54.43 - 55.26)$$

$$TL_{99.9968} = 60.97^\circ\text{C}$$

$n$  = Número de tratamientos  $m \pm EE$  = pendiente  $\pm$  error estándar  $X^2$  = Ji cuadrada, TL = Temperatura letal  
 Números entre paréntesis son los límites fiduciales

## II.5.4. Temperatura y Tiempo Letal.

II.5.4.1. Condiciones Ambientales en la Cámara de Atmósferas Controladas. Al programar la cámara de atmósferas controladas para proporcionar 40°C por 240 min, la temperatura de la cámara alcanzó los 45°C y la temperatura media de 40°C se mantuvo solo durante 103 min, el perfil de la concentración de los gases fue el adecuado (Fig.2.15). Los porcentajes de sobrevivencia del control (Cuadro A.2.31) fueron del 87 al 100%.

En la aplicación de la temperatura de 44°C, cuando el tiempo fue de 80 min la máxima fue de 45°C y la media de 43.9°C se mantuvo por 73 min y aunque la temperatura fue estable, el perfil de la concentración de dióxido de carbono no fue el esperado (Fig. 2.16). Cuando se aplicó el tratamiento por 160 min la temperatura no se mantuvo constante, alcanzó un máximo de 48.7°C y la media fue de 46°C constante durante 150 min y la media de 44°C fue por 36 min (Fig. 2.16). En la misma temperatura de 44°C con el tiempo de 240 min en el primer experimento se alcanzó un máximo de 48°C y la media de fue de 45.6°C por 226 min y la media de 44°C por 97 min. y en la repetición de 240 min la media de 44°C fue por 190 min (Fig. 2.17). La sobrevivencia de huevos en los ensayos a 44°C fue mayor que el 88% y en larvas superior al 80% (Cuadros A.2.32 y A.2.33.).

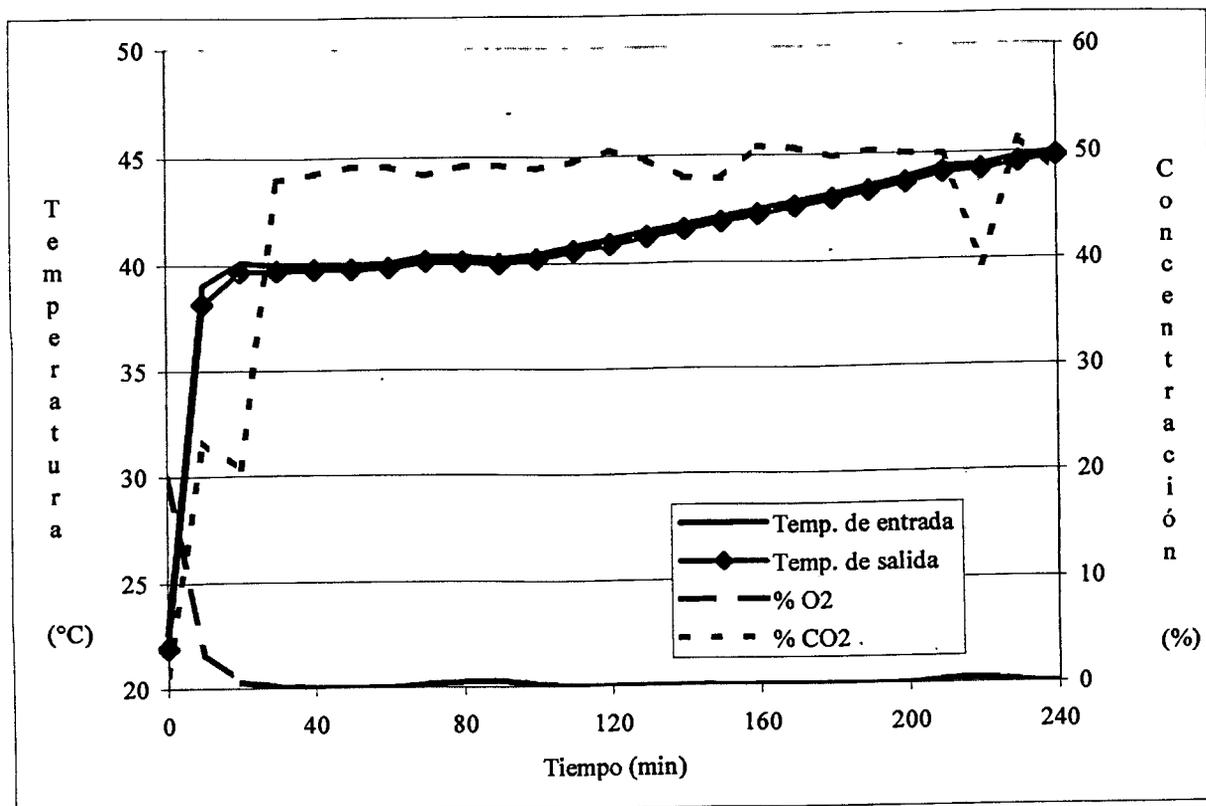


Figura 2.15. Evaluación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 44°C por 240 min para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*.

Al aplicar 48°C, en el tiempo de 80 min la media de 47.8 °C se mantuvo por 67 min, para el tiempo de 160 min .Ala media de 47.9°C fue por 150 min y para los 240 min la media fue de 48°C por 229 min. (Fig. 2.18). La sobrevivencia de los controles a 48°C fue muy variable, en los ensayos a 80 min fue de 78-86% para huevos de las dos especies y mayor que el 95% para larvas, en el ensayo de 160 min fue de 42-50% para huevos y del 100% para larvas y a los 240 min los estadios de *A. obliqua* sobrevivieron menos del 40% y *A. ludens* del 88-100% (Cuadros A.2.34 y A.2.34)

Cuando la temperatura fue de 55°C, en el tiempo de 80 min la media de 54.9°C se mantuvo por 68 min, en el experimento de 160 min se tuvieron 54.9°C por 148 min y para el tiempo de 240 min se tuvo una media de 55.9°C por 231 min. (Fig. 2.19). La sobrevivencia de los ensayos a 55°C fue mayor que el 57%, excepto para larvas de *A. obliqua* expuestas durante 240 min (Cuadros 2.36 y 2.37.A).

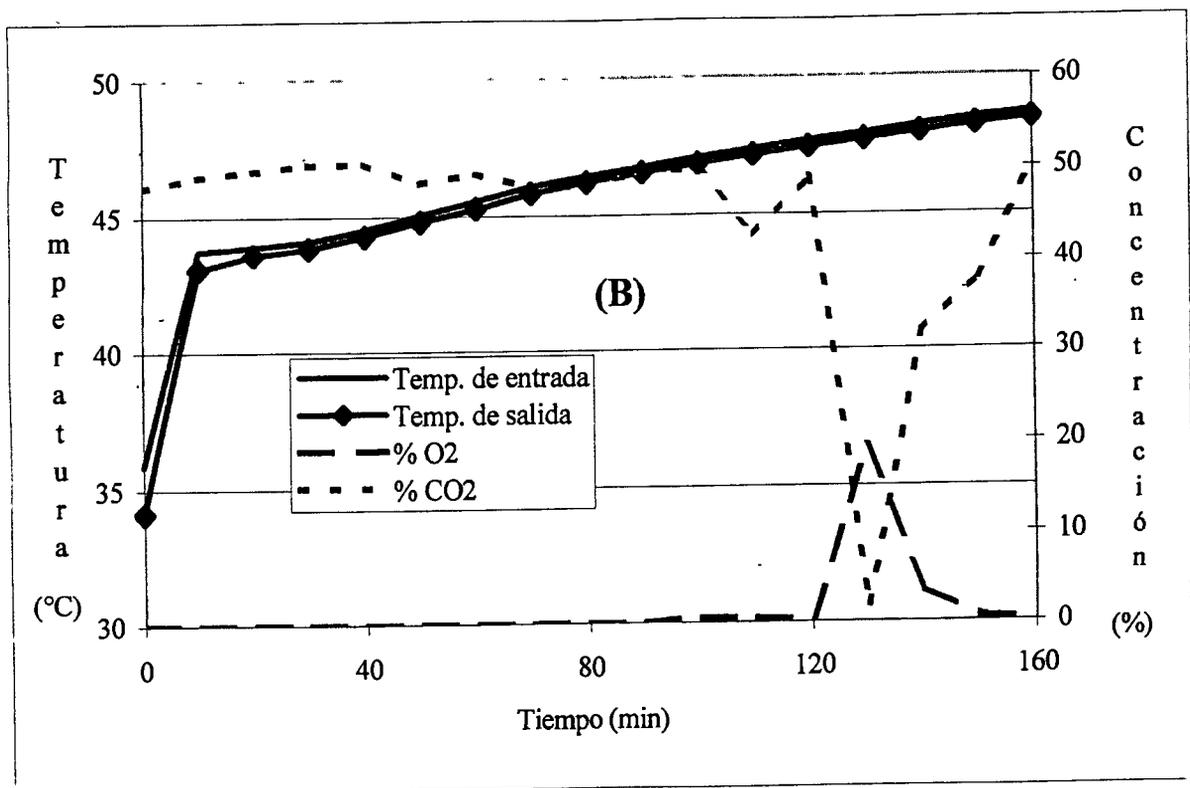
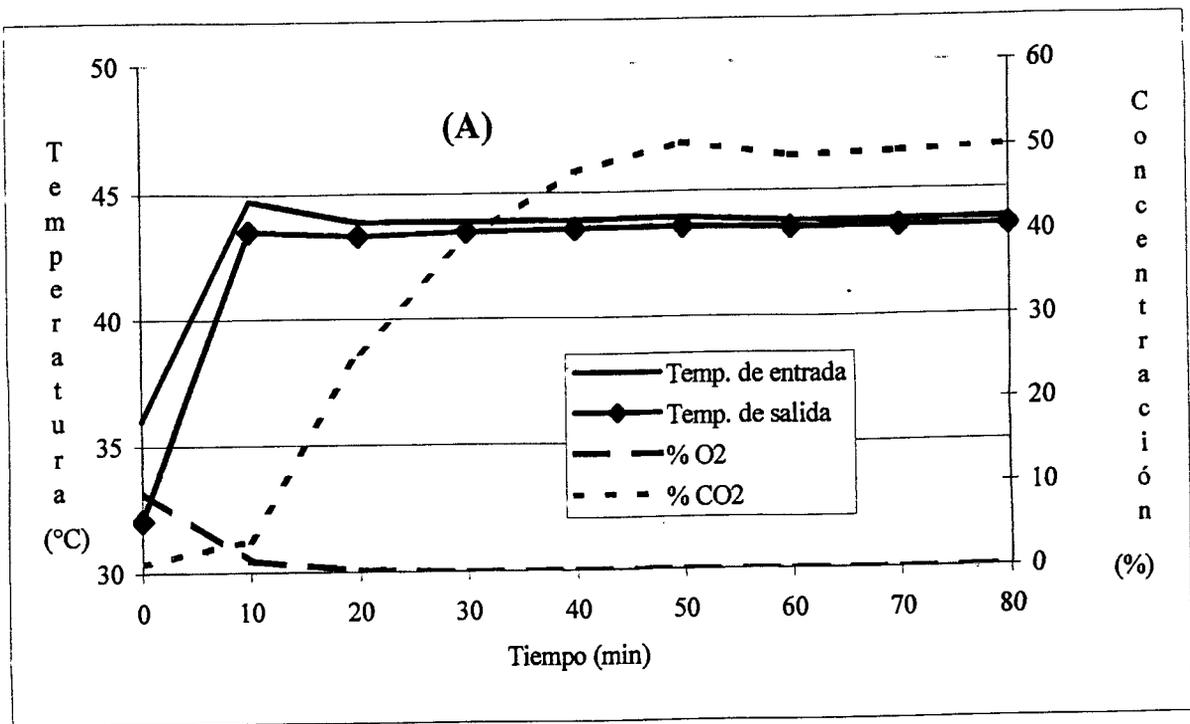


Figura 2.16. Evaluación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 44°C por (A) 80 y (B) 160 min para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*

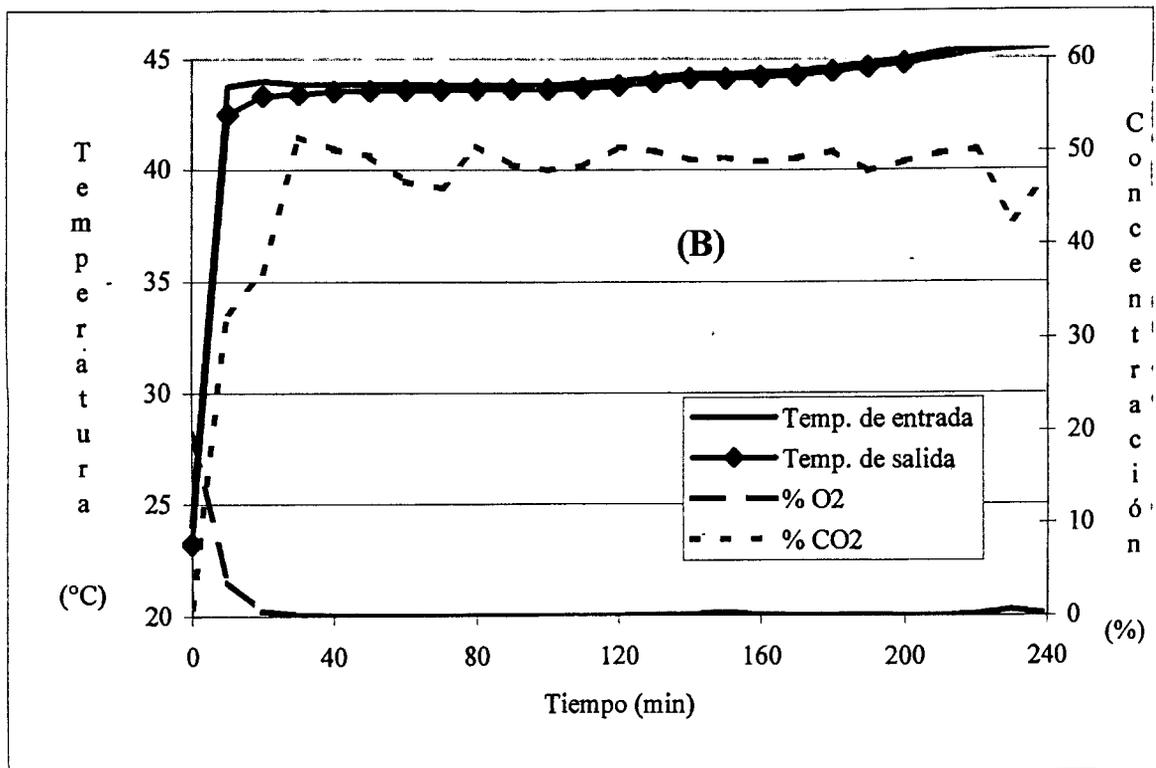
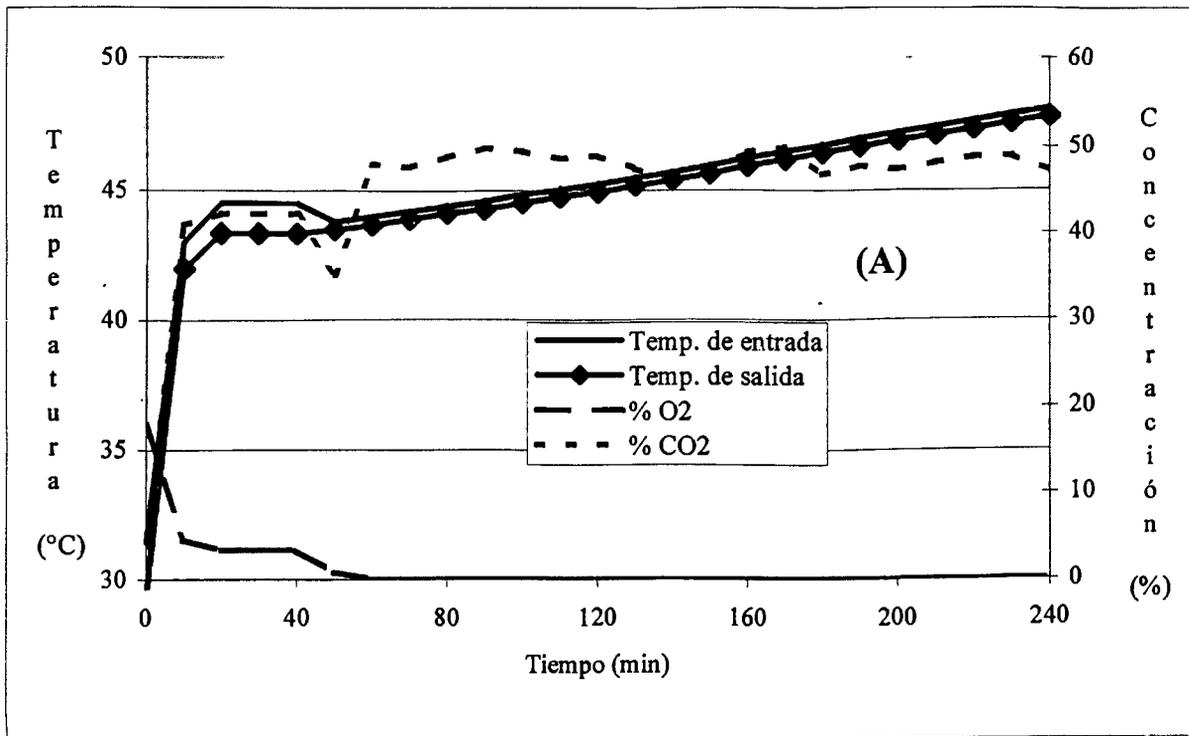


Figura 2.17. Evaluación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 44°C por (A) 240 min y (B) Repetición para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*

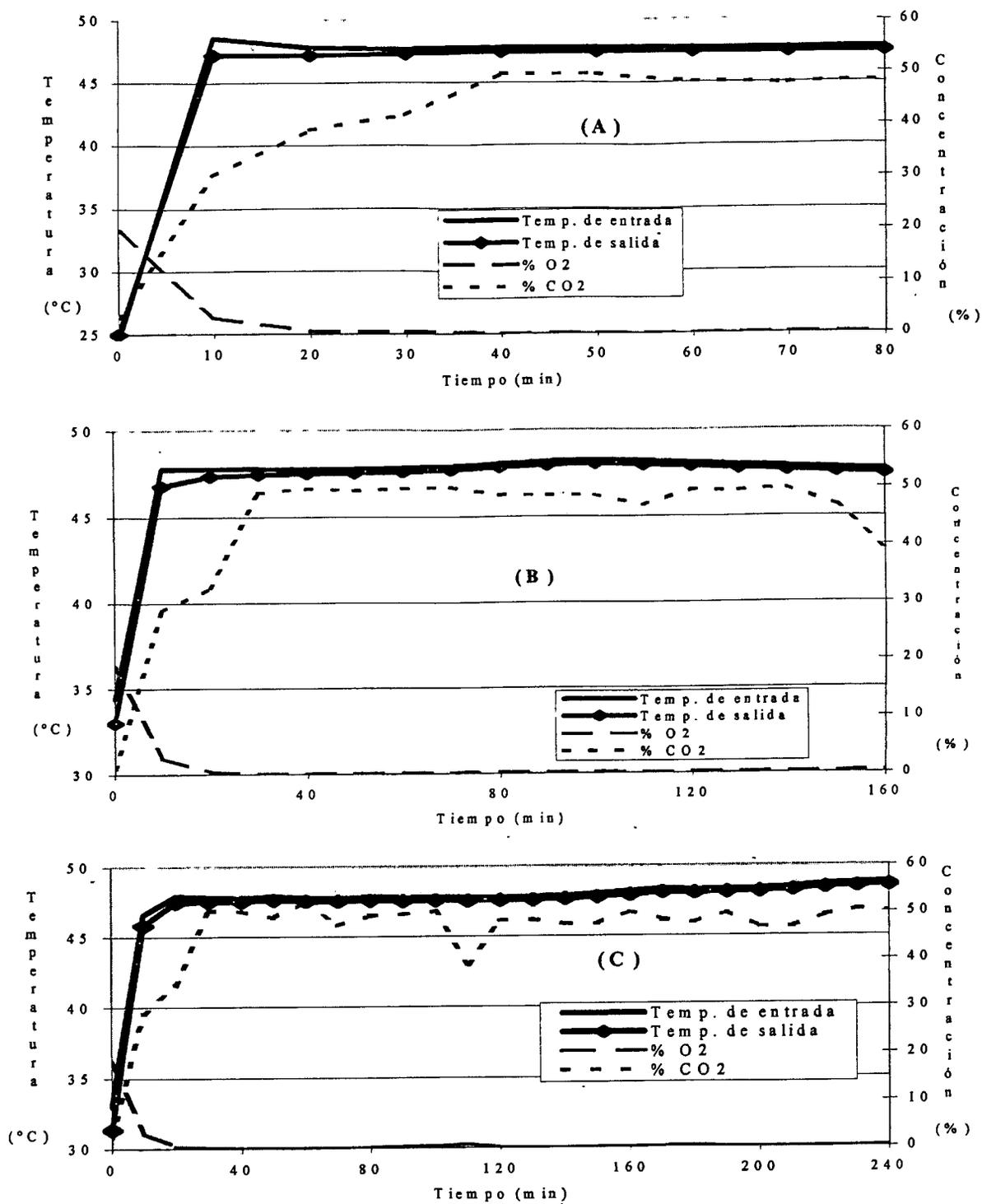


Figura 2.18. Evaluación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 48°C por (A) 80, (B) 160 y (C) 240 min para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*

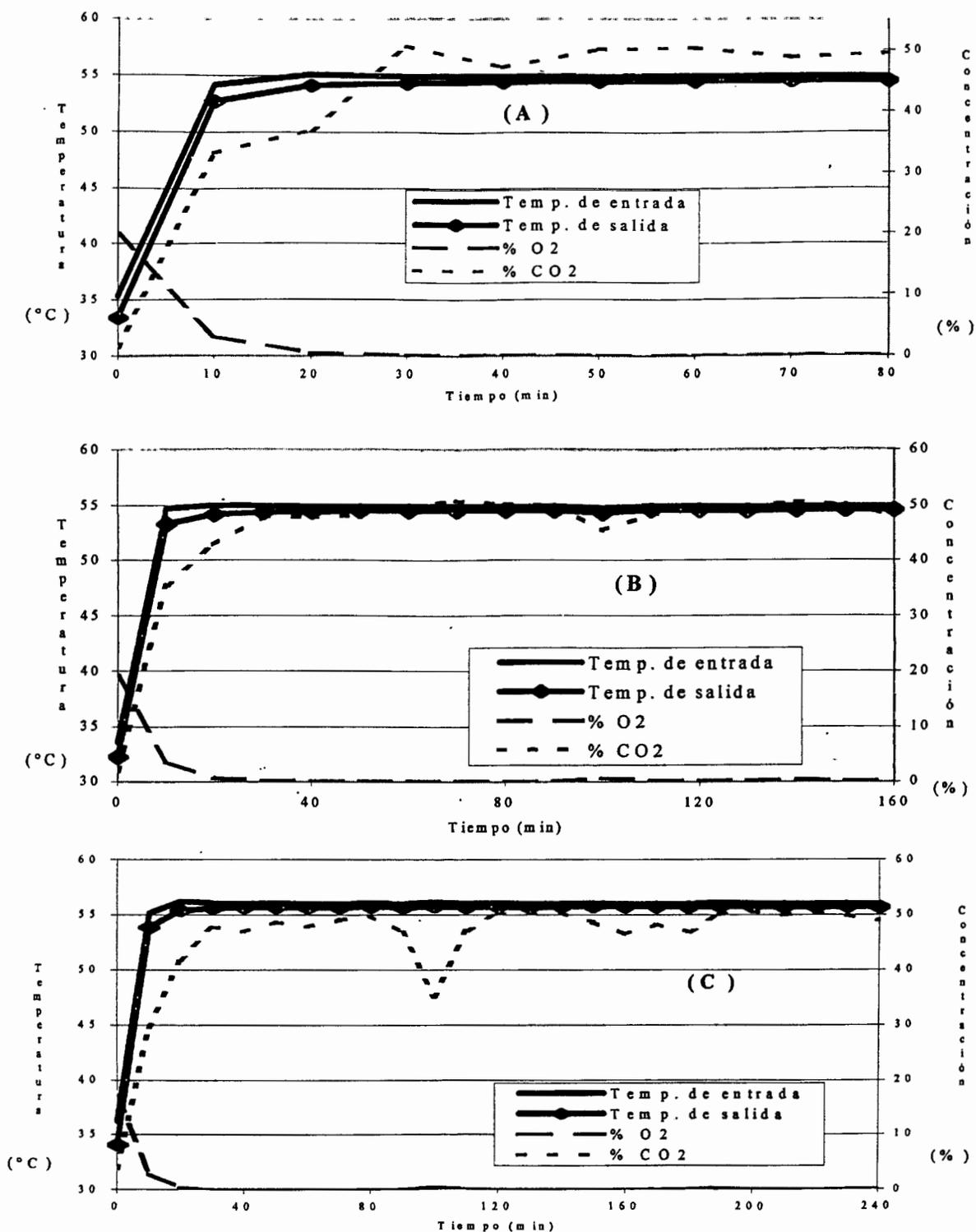


Figura 2.19. Evaluación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 55°C por (A) 80, (B) 160 y (C) 240 min para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*

II.5.4.2. Mortalidad. Las temperaturas alcanzadas en los experimentos permiten establecer que los datos obtenidos a 40°C por 240 min y a 44° en los tres tiempos no deben considerarse para los análisis ya que la temperatura no tuvo la estabilidad adecuada.

La mortalidad corregida de huevos y larvas expuestos a las diversas temperaturas por tiempo (Cuadro 2.12) indican en las muestras expuestas a la atmósfera a 40°C por 240 min se obtuvo el 100% de mortalidad de larvas de las dos especies pero la mortalidad de huevos fue muy baja. El alto porcentaje de mortalidad de larvas se atribuyó a que en estas condiciones la temperatura alcanzó los 45°C.

Cuadro 2.12. Mortalidad corregida promedio, de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* causada por la atmósfera controlada (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) y diversas temperaturas y tiempos

Temperatura/tiempo (°C) (min)		Mortalidad Corregida Promedio (%)							
		<i>A. obliqua</i>				<i>A. ludens</i>			
		Huevos		Larva		Huevos		Larva	
40	240	44.11	(±2.9)	100.00		27.23	(±7.3)	100.00	
44	80	19.53	(±11.9)	61.77	(±17.0)	7.49	(±3.6)	58.09	(±15.6)
	160	21.05	(±18.8)	100.00		50.58	(±21.9)	98.42	(±0.3)
	240	55.10	(±22.5)	95.93	(±4.5)	85.03	(±15.0)	99.18	(±0.5)
48	80	34.30	(±14.4)	100.00		40.47	(±13.0)	85.83	(±1.9)
	160	100.00	(±0.0)	98.6	(±0.3)	32.39	(±35.6)	99.86	(±0.1)
	240	76.10	(±20.3)	69.13	(±6.1)	69.29	(±22.2)	78.44	(±4.2)
55	80	100.00		100.00		100.00	(±0.0)	100.00	
	160	92.02	(±8.0)	100.00		86.1	(±13.9)	100.00	
	240	100.00		100.00		100.00		100.00	

Los números entre paréntesis son el error estándar

En la evaluación de la atmósfera controlada combinada con la temperatura de 44°C la mortalidad no presentó una tendencia definida durante los tres tiempos evaluados, esto se atribuyó a las variaciones de temperatura en la cámara durante el desarrollo de los experimentos

Cuando se aplicó la atmósfera a 48°C se obtuvieron altos porcentajes de mortalidad tanto para huevos como para larvas de las dos especies, sin embargo, los máximos porcentajes de mortalidad fueron en huevos y larvas de *A. obliqua* y larvas de *A. ludens* con el tratamiento de 160 min.

Al exponer las muestras a 55°C se alcanzó el 100 % de mortalidad para huevos de las dos especies a 80 y 240 min, sin embargo el porcentaje fue menor a 160 min. y para larvas de las dos especies se obtuvo el 100% en los tres tiempos de exposición.

En el ANOVA de la mortalidad corregida de huevos y larvas de las dos especies, obtenida a 48°C y 55°C en los tres niveles de tiempo (Cuadro 2.13) se observó que el efecto de la temperatura de 55°C es estadísticamente mayor que el causado por los 48°C en huevos de *A. obliqua* y en huevos y larvas de *A. ludens*. Así mismo, que en el estadio de huevo de las dos especies el efecto del tiempo de aplicación de los tratamientos no fue estadísticamente diferente; pero para larvas el tiempo de 160 min fue el que causó la mayor mortalidad y fue estadísticamente diferente a los 80 y 240 min.

Cuadro 2.13. Separación de medias de la mortalidad corregida (%) de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* expuestos a 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> y temperatura alta

		<i>A. obliqua</i>		<i>A. ludens</i>					
		Huevos	Larvas	Huevos	Larvas				
<b>Unifactorial</b>									
Temperatura	48°C	69.13	a	89.16	a	57.62	a	88.04	a
	55°C	97.34	b	100.00	a	95.36	b	100.00	b
Tiempo	80	67.15	a	99.25	b	70.23	a	92.92	ab
	160	97.00	a	99.36	b	59.24	a	99.93	b
	240	86.55	a	84.57	a	100.00	a	89.22	a
<b>Multifactorial</b>									
	48°C		75.99	a					
	55°C		98.18	b					
	80		82.39	a					
	160		88.78	a					
	240		90.08	a					
<b>Estadio del ciclo biológico</b>									
	Huevo		79.87	a					
	Larva		94.30	b					
<b>Especie</b>									
	<i>Anastrepha obliqua</i>		88.91	a					
	<i>Anastrepha ludens</i>		85.26	a					

α= 0.05. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

La temperatura de 48°C fue estadísticamente diferente a la de 55°C, excepto para larvas de *A. obliqua* y no hay un comportamiento definido para los niveles de tiempo, aunque se observó el mayor porcentaje de mortalidad a 160 min excepto para huevos de *A. ludens*

En el análisis de varianza multifactorial se confirmó que los efectos de los niveles de temperatura fueron estadísticamente diferentes sobre la mortalidad de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*, pero el efecto de los niveles de tiempo fue estadísticamente igual y es menos susceptible el estadio de huevo que el de larva y las dos especies fueron estadísticamente iguales en las condiciones evaluadas.

II.5.4.3. Determinación de la Temperatura (TeL) y Tiempo letales (TiL) Probit 9. Para analizar mediante el probit 9 los datos de mortalidad, primero se realizó un análisis de regresión lineal (Cuadro 2.14), que fue significativo, se observó que los datos se ajustaron a la ecuación de la recta ( $Y = \alpha + \beta(X)$ ) excepto para larvas de *A. obliqua*.

Cuadro 2.14. Análisis de regresión de la mortalidad corregida de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* expuestos a 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a temperatura alta

	<i>A. obliqua</i>		<i>A. ludens</i>	
	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas
R (%)	54.7	12.9	44.8	24.4
R ajustada	50.9	5.7	39.6	18.1
Significancia	**	NS	**	*
$\alpha$	-240	25.9	-1.98	12
$\beta$ Temperatura	5.73 T	1.32	4.6	1.3
$\beta$ tiempo	0.155	0.008	0.243	0.0702

Sin embargo, al realizar el análisis probit para determinar la temperatura letal de probit 9 por cada tiempo de aplicación de la atmósfera controlada, los análisis no fueron significativos para huevos y larvas de *A. obliqua* expuestos a la atmósfera y las temperaturas de 44, 48 y 55°C por 80 min y huevos de la misma especie a 240 min (Cuadro 2.15); ya que la  $X^2$  es muy grande y la  $p$  es menor que  $\alpha = 0.05$ , la significancia estadística se obtiene cuando la  $X^2$  es igual o menor que los grados de libertad y la  $p$  mayor que  $\alpha = 0.05$ . La excepción fueron los resultados obtenidos para larvas de y huevos de *A. obliqua* expuestos a la atmósfera durante los tiempos de 80 y 240 min respectivamente. Sin embargo, aunque la TeL<sub>50</sub> o la TeL<sub>90</sub> se acepten, dada la significancia de la  $X^2$ , los valores de la TeL<sub>99.9968</sub> no son

congruentes con la realidad. Cabe aclarar que para larvas de *A. ludens* tratadas por 80 min, larvas de *A. obliqua* por 160 min no se realizó el cálculo del probit ya que tuvieron 100% de mortalidad.

Cuadro 2.15. Temperatura letal de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* expuestos a 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a temperatura alta

	<i>A. obliqua</i>		<i>A. ludens</i>		<i>A. obliqua</i>		<i>A. ludens</i>	
	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas
	<b>80 min</b>				<b>160 min</b>			
$\alpha$	-41.11	-76.70	-43.80		-29.20		-27.06	-219.13
$\beta$	24.65	46.92	26.06		17.53		15.27	134.70
ES (b)	11.25	3.80	14.87		6.95		19.12	389583.9
$X^2$	132.21	0.0003	257.52		79.92		611.48	0.000
$p > X^2$	0.000	0.987	0.000		0.000		0.000	1.00
G1	1	1	1		1		1	1
$X^2_{\alpha=0.05}$	3.58							
$\mu$	1.67	1.63	1.68		1.67		1.66	1.63
$\sigma$	0.04	0.02	0.03		0.06		0.061	0.007
TeL <sub>50</sub>	46.56	43.05	47.99		46.33		46.0	42.35
TeL <sub>90</sub>	57.86	48.26	58.84		62.90		63.98	44.06
TeL <sub>99.9968</sub>	105.1	66.15	103.56		14.79		15.89	33.66
	<b>240 min</b>							
$\alpha$	-45.39		-29.47					
$\beta$	27.78		18.07					
ES (b)	1.75		8.48					
$X^2_{\alpha=0.05}$	1.71		63.52					
$p > X^2$	0.1905		0.000					
G1	1		1					
$\mu$	1.63		1.63					
$\sigma$	0.036		0.05					
TeL <sub>50</sub>	43.06		42.85					
TeL <sub>90</sub>	52.22		57.65					
TeL <sub>99.9968</sub>	20.89		14.13					

ES = Error estándar TeL = Temperatura letal (°C)

En lo que se refiere al TiL<sub>99.9968</sub> por cada temperatura aplicada (Cuadro 2.16), a 48 y 55°C con los tiempos de 80, 160 y 240 min los resultados no fueron estadísticamente significativos. La falta de significancia estadística ( $X^2$ ) en los análisis de probit 9 indicaron

una falta de ajuste de los datos a la ecuación lineal ( $Y = \alpha + \beta(X)$ ) lo que se atribuyó a la varianza de los datos entre las repeticiones de las condiciones evaluadas.

Cuadro 2.16. Tiempo letal de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* expuestos a 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a temperatura alta.

	<i>A. obliqua</i>		<i>A. ludens</i>		<i>A. obliqua</i>		<i>A. ludens</i>	
	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas
	44°C				48°C			
$\alpha$	-2.78	-6.71	-4.40	-10.74	-6.64	6.26	-5.68	2.17
$\beta$	1.23	3.83	2.02	5.75	3.54	-1.96	2.68	-0.45
ES (b)	0.62	2.78	0.33	1.57	2.42	2.04	0.88	2.13
$X^2_{\alpha=0.05}$	21.46	89.31	6.12	26.05	212.50	33.0	40.92	155.77
$p > X^2$	0.000	0.000	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
gl	1	1	1	1	1	1	1	1
$\mu$	2.25	1.75	2.18	1.87	1.88	3.20	2.09	4.79
$\sigma$	0.81	0.26	0.50	0.17	0.28	0.51	0.37	2.21
TiL <sub>50</sub>	178.63	56.21	151	73.89	75.21	1601	123.23	61672
TiL <sub>90</sub>	13689	227.37	2143	187.58	341.73	103.50	909.08	0.44
TiL <sub>99.9968</sub>			3126435.7		2422.97			
	55°C							
$\alpha$	3.39							
$\beta$	-0.61							
ES (b)	3.22							
$X^2_{\alpha=0.05}$	92.93							
$p > X^2$	0.000							
gl	1							
$\mu$	5.53							
$\sigma$	1.63							
TiL <sub>50</sub>	338509							
TiL <sub>90</sub>	54.98							
TiL <sub>99.9968</sub>								

ES = Error estándar TiL = Tiempo letal (min)

### II.5.5. Discusión General.

La variabilidad de los resultados entre repeticiones de ensayos se atribuyó a la inestabilidad de la temperatura durante los tiempos programados, especialmente en los tratamientos con las menores temperaturas evaluadas y se consideró que en consecuencia se presentó la baja significancia estadística en los análisis de varianza. Por otro lado, la variabilidad, en parte también se atribuyó a las diferentes condiciones de las muestras durante el traslado al laboratorio de pruebas; lo que también ocasionó los bajos porcentajes de sobrevivencia en los controles, lo que no permitió calcular la mortalidad corregida en algunas muestras.

A pesar de la variabilidad de la mortalidad promedio de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* (cuadro 2.17) fue muy variable, se observaron algunas tendencias. Los porcentajes más bajos de mortalidad de huevos de *A. obliqua* se obtuvieron en aire con temperatura de 44°C por 160 min al disminuir la concentración de O<sub>2</sub> el porcentaje de mortalidad se incrementó 30% y al aumentar la concentración de 13% O<sub>2</sub> + 20% CO<sub>2</sub> se mantuvo constante, al combinar el 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> se incrementó 62 % y con respecto a la mortalidad causada en aire el que incrementó en casi tres veces, alcanzando el 100% de mortalidad.

Los resultados de mortalidad corregida obtenidos de la exposición de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* a 44°C por 160 min indicaron que las atmósferas incrementaron significativamente la mortalidad causada por la temperatura, esto ha sido demostrado también para otros insectos como larvas de *Tribolium castaneum*, cuya mortalidad ocasionada por la temperatura (38, 40 y 42°C) se incrementó al combinar las concentraciones altas de CO<sub>2</sub> (60, 90, 95 y 98%) y las bajas de O<sub>2</sub> (0.5, 1.0, 2.0 y 5.0%) con temperatura alta (Soderstrom y col. 1992). Igualmente sucedió con larvas de *Cydia pomonella* donde las bajas concentraciones de O<sub>2</sub> y altas de CO<sub>2</sub> incrementaron la mortalidad (Soderstrom y col. 1996).

Por otro lado, la atmósfera de 0% O<sub>2</sub> causó la mayor mortalidad de larvas de *A. ludens*, lo que concuerda con lo reportado para esta especie en toronja 'Marsh' infestada artificialmente y expuesta a la combinación de AC (1% de O<sub>2</sub> + 20 % de CO<sub>2</sub>) a 44°C por 120 min y se incrementó la mortalidad obtenida con la temperatura en aire y se atribuyó a la baja concentración del O<sub>2</sub>. (Shellie y col, 1997).

Cuadro 2.17. Mortalidad corregida promedio (%) de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* causada por AC a diversas temperaturas (°C) y tiempos (min.)

Temperatura/tiempo Atmósfera	<i>A. obliqua</i>		<i>A. ludens</i>	
	Huevo	Larva	Huevo	Larva
<b>44°C, 160 min</b>				
Aire	4.67	41.93 (±8.62)	24.67 (±37.98)	46.89 (±17.45)
0% O <sub>2</sub>	34.60 (±2.04)	62.51 (±7.95)	50.82 (±54.43)	87.39 (±2.73)
13% O <sub>2</sub> + 20% CO <sub>2</sub>	37.57 (±5.13)	62.56 (±17.42)	39.45 (±9.87)	52.10 (±17.20)
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>	100.00 (±0)	84.10 (±6.74)	92.57 (±6.31)	79.60 (±9.49)
<b>48°C, 160 min</b>				
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>	100.00 (±0)	99.86 (±0.14)	31.78 (±35.93)	100.00
<b>48°C, 220 min</b>				
Aire	69.73 (±11.84)	99.07 (±0.49)	85.95 (±10.42)	100.00
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>	76.18 (±10.60)	100.00	78.51 (±12.56)	100.00
<b>51°C, 240 min</b>				
Aire	54.31 (±31.06)	100.00	100.00	100.00
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>	62.49 (±10.26)	100.00	83.84 (±16.16)	100.00
<b>52°C, 240 min</b>				
Aire	100.00	100.00	100.00	100.00
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>	63.35 (±34.57)	100.00	100.00	100.00
<b>54°C, 240 min</b>				
Aire	100.00	100.00	100.00	100.00
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>	83.02 (±16.98)	100.00	100.00	100.00
<b>55°C, 240 min</b>				
Aire	100.00	100.00	100.00 (±0)	100.00
0% O <sub>2</sub> + 50% CO <sub>2</sub>	100.00	100.00	100.00 (±0)	100.00

Números entre paréntesis es al error estándar

Sin embargo, los resultados de este trabajo son diferentes a los obtenidos al comparar el efecto de 45% CO<sub>2</sub> en aire con 0.5% O<sub>2</sub> y 45% CO<sub>2</sub> que no mostraron diferencia significativa en la mortalidad causada por las dos atmósferas, no hubo efecto sinérgico de la atmósfera sobre la mortalidad de trips *Platynota stultana*, *Tetranychus pacificus* y *Frankliniella occidentalis*, en todas las etapas de vida de los trips (Mitcham y col. 1997).

Los resultados obtenidos para larvas en 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 48°C por 220 min. fueron semejantes al 100% de mortalidad de huevos y larvas de *A. suspensa* a 48°± 0.3°C

por 195 min. y que proporcionaron el probit 9 en frutas de toronja 'Marsh' cuando se alcanzaron temperaturas mayores de 44°C en el centro de la fruta, por tiempos mayores que 150 min. (Sharp, 1993). Igualmente, se logró disminuir el tiempo de 4.5 a 3.5 h (210 min.) para obtener el 100% de mortalidad de larvas de *A. ludens* en toronja Marsh a 46°. Así mismo, al tratar toronjas infestadas naturalmente, con la combinación de 1% de O<sub>2</sub> y 20% de CO<sub>2</sub> a 46°C por 3.5 h sobrevivieron 2 larvas de 25 o sea resultó el 92% de mortalidad (Shellie y col., 1997).

Al aumentar la temperatura a 48°C y mantener el tiempo constante, la mortalidad en aire fue también del 100%, sin embargo al aumentar el tiempo de exposición tanto en aire como en la atmósfera de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> la mortalidad disminuyó 30.27 y 23.89% respectivamente. Al incrementar tanto la temperatura (mayor de 50°C) como el tiempo (240 min.) la mortalidad mostró un incremento en las exposiciones en aire, pero contradictoriamente a lo esperado, la mortalidad obtenida en aire a 51° por 240 min. aumentó solo 8.18% al aplicar la combinación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> y fue 13.7% menor que 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 48°C por 220 min. Cuando se aumentó la temperatura a 52°C y el tiempo se mantuvo a 240 min. en aire se obtuvo el 100% de mortalidad, sin embargo en 0% O<sub>2</sub> y 50% CO<sub>2</sub> la mortalidad fue 37% menos y relativamente constante con la obtenida en la misma atmósfera a 51°C. Al incrementar la temperatura a 54°C la atmósfera de 0% O<sub>2</sub> y 50% CO<sub>2</sub> provocó un incremento de 20% de la mortalidad obtenida en aire a la misma temperatura, hasta que finalmente a 55°C por 240 min. se obtuvo el 100% de mortalidad tanto en aire como en la atmósfera.

El incremento de la mortalidad de los tratamientos que tuvieron alta concentración de CO<sub>2</sub> con respecto al aire, pudo deberse al incremento de la concentración del CO<sub>2</sub>, lo cual fue demostrado cuando las larvas de la papalota del arándano (*Rhagoletix mendax*) fueron expuestas a atmósferas controladas y cuando se incrementó la concentración de CO<sub>2</sub>, se incrementó el porcentaje de mortalidad (Prange y Lidster, 1992) y se consideró como un efecto sinérgico, ya que la mortalidad se incrementó más del doble del porcentaje obtenido en el aire.

Igualmente, al considerar descriptivamente los resultados (Cuadro 2.17) la respuesta de huevos y larvas fue diferente. La tendencia de la influencia de las atmósferas sobre la mortalidad de huevos de *A. ludens* fue muy semejante a la de huevos de *A. obliqua*, aunque la mortalidad en aire a 44°C por 160 min. fue mayor que la de huevos de *A. obliqua*. Sin

embargo, no se obtuvo el 100% de mortalidad de huevos de las dos especies en las atmósferas de 0% O<sub>2</sub>, 13% O<sub>2</sub> + 20% CO<sub>2</sub>, en 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> ni a 48°C por 160 min.; cabe hacer notar que en estas últimas condiciones este fue el único estado del ciclo biológico que no presentó 100% de mortalidad. Igualmente inesperado fue que en aire a 51°C por 240 min. se presentó el 100% de mortalidad, en la atmósfera de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> fue 16% menos y se obtuvo el 100% de mortalidad tanto en aire como en la atmósfera con las temperaturas mayores.

En las evaluaciones de las atmósferas a temperaturas mayores de 50°C la mortalidad de huevos de *A. obliqua* tuvo un comportamiento inesperado, ya que en aire con las diferentes temperaturas en aire se obtuvo el 100% de mortalidad y en la atmósfera de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>; dicha mortalidad fue menor y puede observarse una tendencia de tipo fase lag en su comportamiento, la cual no se presentó en la mortalidad de las larvas de ésta especie ni en los huevos y larvas de *A. ludens* (Cuadro 2.8). Esto parece indicar que las condiciones extremas de los gases tienen efecto sinérgico significativo sobre huevos de *A. obliqua* a temperaturas menores de 50°C y que son los menos susceptibles a las condiciones evaluadas.

En lo que se refiere a larvas de *A. obliqua* la mortalidad en aire a 44°C por 160 min. fue 37% mayor que la de huevos de la misma especie y 5% menor que los de *A. ludens* en este estado del ciclo biológico. La exposición en atmósfera de 0% O<sub>2</sub> incrementó la mortalidad en 20%, en 13% O<sub>2</sub> + 20% CO<sub>2</sub> se disminuyó 8.7 % y alcanzó el 84% en 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> o sea 40% más que en aire a esa misma temperatura. Igual que en huevos, las larvas presentaron aproximadamente el 100% de mortalidad a 48°C por 160 min. y el 99% en aire a 48°C por 220 min. Cuando las larvas se expusieron en aire y en 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a temperaturas mayores de 50°C por 240 min. se mantuvo el 100% de mortalidad.

En la mortalidad de larvas de las dos especies, la atmósfera de 0% O<sub>2</sub> a 44°C por 160 min. fue mayor que la de 13% O<sub>2</sub> + 20% CO<sub>2</sub> y al aplicar 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> se observó un incremento del 20% en la mortalidad de larvas de *A. obliqua* y se disminuyó el *A. ludens*. A 48°C en aire y en 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> se obtuvo el 99.07 y 100% respectivamente para *A. obliqua* y el 100% para *A. ludens*. Esto definió a los huevos como menos susceptibles que las larvas y estadísticamente en los tres niveles de temperatura fueron diferentes que las larvas (Cuadros 2.4, 2.6 y 2.8) ya que las larvas tuvieron los mayores porcentajes de mortalidad. En general, se observa que el estado de huevo de las dos especies es menos

susceptible que el de larva a la exposición tanto en aire como en 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> y que las larvas de *A. obliqua* son menos susceptibles que las de *A. ludens*.

El porcentaje de mortalidad de larvas de *A. ludens*, expuestas en aire a 44°C por 160 min., fue mayor que en huevos de esta especie; pero en 0% O<sub>2</sub> se obtuvo el máximo porcentaje (87.39%) de mortalidad entre las atmósferas a esta temperatura; las atmósferas 13% O<sub>2</sub> y 20% CO<sub>2</sub> + 0% O<sub>2</sub> y 50% CO<sub>2</sub> disminuyeron la mortalidad en 35.29 y 7.79% respectivamente. Es significativo que 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 48°C por 160 min. causó el 100% de mortalidad y este valor se mantuvo en aire y atmósfera a temperaturas y tiempos mayores.

La diferencia de mortalidad entre la larva expuesta a la AC (0% O<sub>2</sub> + 50 % CO<sub>2</sub>) combinada con la temperatura incrementa la tasa metabólica y la difusión del O<sub>2</sub> a través de la cutícula (Hansen y Sharp, 1998) no se efectúa debido a la naturaleza de la atmósfera, se relajan los espiráculos y no hay difusión del CO<sub>2</sub> hacia el exterior debido a la alta concentración de este gas en la atmósfera. Por otro lado, la susceptibilidad de la larva con respecto al huevo, puede deberse a que la larva tiene una tasa metabólica mayor que la del huevo, tiene mayor superficie para la difusión cuticular del O<sub>2</sub> y a través de los espiráculos.

Aún cuando la temperatura para causar el 100% de mortalidad de huevos de *A. obliqua* fue muy elevada, es importante que a 44 y 48°C por 160 min (Cuadro 2) se había obtenido el 100% de mortalidad, lo que parece contradictorio. Sin embargo, una posible explicación podría ser que si bien la temperatura alta es el factor principal que mata al insecto al incrementar la tasa metabólica, en las AC se tiene adicional el efecto anestésico del CO<sub>2</sub> que le permite al insecto tolerar las altas temperaturas. Así mismo, se ha tratado de explicar el efecto de los gases sobre la mortalidad debido a la deshidratación al abrir los espiráculos sin embargo, en este trabajo se mantuvo la humedad tanto en huevos como para larvas en dieta, por lo que la mortalidad probablemente sea causada por otros factores.

En lo que se refiere a las especies, puede observarse que la mortalidad a 44° por 160 min, y 48°C por 220 min. fue muy semejante, en ambas especies los huevos son menos susceptibles que las larvas y en los dos casos las especies son estadísticamente iguales (Cuadros 2.4 y 2.6). Sin embargo, a temperaturas mayores de 50°C las especies son diferentes; a 51°C las dos especies tuvieron la misma respuesta a las atmósferas, pero a 52 y 54°C *A. obliqua* es más tolerante, tolerancia que se da en el estado de huevo;

estadísticamente son diferentes (Cuadro 2.8) y *A. ludens* presentó los mayores porcentajes de mortalidad corregida.

Con base en lo anterior, las atmósferas de 0% O<sub>2</sub> y 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> influyen de una manera sinérgica en la mortalidad de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* con respecto a la causada por el aire, ya que el porcentaje de mortalidad corregido es más del doble (Cuadro 2.4). El sinergismo se observó en la mortalidad de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* a 44°C por 160 min., pero no a 48°C y a temperaturas mayores de 50°C no tuvieron una tendencia definida.

## II.6. CONCLUSIONES.

1. El efecto de las atmósferas evaluadas sobre huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* fue muy variable y dependió del estado del ciclo biológico.
2. La atmósfera de 0 % O<sub>2</sub> + 50 % CO<sub>2</sub> tuvo un efecto sinérgico en la mortalidad de las larvas de *A. obliqua* y huevos de *A. ludens* y la de 0 % O<sub>2</sub> sobre larvas de *A. ludens*, con respecto a la causada por el aire a la misma temperatura.
3. El estado de huevo de las especies *A. obliqua* y *A. ludens* es menos susceptible que el de larvas a las condiciones evaluadas.
4. Las especies tienen la misma susceptibilidad a las condiciones evaluadas.
5. La temperatura letal para huevos de *A. obliqua* fue de 61°C .

### CAPITULO III.

#### **MORTALIDAD *in vivo* DE HUEVOS Y LARVAS DE *Anastrepha obliqua* Y *A. ludens* EN ATMOSFERAS CONTROLADAS Y TEMPERATURA ALTA EN FRUTOS DE MANGO 'MANILA'.**

##### **RESUMEN**

Se evaluó la eficiencia de la atmósfera controlada (AC) de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min, sobre la mortalidad de huevos y larvas de *Anastrepha obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango var. Manila. Los frutos infestados artificialmente con larvas de tercer estadio se expusieron a la AC a 35, 37, 39, 40, 42-49°C. Los frutos infestados de manera natural con larvas de primer estadio con la AC a 37, 39, 40, 42 - 45°C y otros frutos infestados con huevos con 48 h de desarrollo se trataron con la AC a 37, 39, 40, 42, 43°C aire a 43°C. El 100% de mortalidad de larvas de tercer estadio se obtuvo con la AC a temperaturas ≥ 39°C, en larvas de primer estadio y en huevos a temperaturas ≥ 40°C, el mismo resultado se obtuvo con huevos expuestos en aire a 43°C. Se concluyó que la combinación de la AC (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) a temperaturas ≥ 40°C por 160 min proporcionan el 100% de mortalidad de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila.

##### **III.1. INTRODUCCION**

La presencia de moscas de la fruta del género *Anastrepha* como plaga del fruto de mango en México, ocasiona pérdidas a los productores y restricciones para la exportación. Para este problema existen medidas de control en precosecha y sistemas cuarentenarios que se aplican en postcosecha, como el tratamiento hidrotérmico y el aire seco forzado. Estos sistemas han sido desarrollados para variedades de mango generadas en Florida y posteriormente se han tratado de adaptar para la variedad Manila cuya respuesta fisiológica es muy diferente; por lo que en este trabajo se trató de encontrar otras alternativas como el uso de atmósferas controladas (AC) a temperaturas altas.

##### **III.2. REVISION DE LITERATURA.**

**III.2.1. Temperatura alta para el control de moscas de la fruta.** Se han evaluado diversas condiciones de temperatura para el control de moscas de la fruta de varios géneros y especies, en diferentes tipos de frutos de importancia económica, entre los que se encuentra

el fruto de mango (Cuadro 3.1) principalmente para el control de las especies de *Anastrepha* en las variedades introducidas de la Florida.

En mango Tommy Atkins y Keitt en etapa fisiológicamente madura, se determinó la mortalidad de *A. suspensa* en huevos y larvas de 1 a 2 días de edad a 46.1-46.7°C por 75 min y se estableció que sobrevivieron 17 larvas, recobradas como pupas de una población de 86, 922 (Sharp, 1986).

Cuadro 3.1. Condiciones de temperatura alta evaluadas para el control de moscas de la fruta en diversos frutos.

Insecto	Producto	Condiciones	Referencia
<i>C. capitata</i> <i>D. dorsalis</i> <i>D. cucurbita</i>	Plátano	Agua, 50°C 15 min	Armstrong, 1982
<i>A. ludens</i> <i>A. obliqua</i> <i>C. capitata</i> <i>C. capitata</i> <i>D. dorsalis</i> <i>D. cucurbitae</i>	Mango	Agua, 46.1°C 90 min	Sharp, 1986
<i>C. capitata</i> <i>C. capitata</i> <i>D. dorsalis</i> <i>D. cucurbitae</i> <i>C. capitata</i> <i>D. dorsalis</i> <i>D. cucurbitae</i>	Papaya	Agua, 49°C 20 min	Couey y col., 1984
<i>C. capitata</i> <i>D. dorsalis</i> <i>D. cucurbitae</i>		Agua, 42-48°C 50 min	Jang, 1986
<i>A. suspensa</i>	Mango	Agua, 46.1-46.7°C 90 min	Sharp y col., 1989
<i>A. ludens</i> <i>A. obliqua</i> <i>A. distincta</i> <i>A. fraterculus</i> <i>C. capitata</i> <i>D. dorsalis</i>	Mango	Agua, 46.1°C 90 min	Sharp y Picho-Martínez, 1990
<i>D. dorsalis</i> <i>A. suspensa</i>	Papaya Toronja	Agua doble inmersión, 42°C, 30 min 45°C, 30 min 49°C, 30 min	Laidlaw y Hayes, 1990 Hansen y col., 1990 Hallman y col., 1990
<i>A. suspensa</i>	Toronja	Agua 43.3-43.7°C 252 min	Hallman, 1990
<i>A. suspensa</i>	Toronja	Agua 43.6°C, 30, 35 y 40 min	Hallman, 1990
<i>A. obliqua</i> <i>A. ludens</i> <i>B. tryoni</i> <i>C. capitata</i>	Mango Carambola Mango	46.3°C, 25, 30, 35 min 46.3°C, 5, 10, 20 min Aire, 48°C 101-213 min	Mangan e Ingle, 1992
<i>A. obliqua</i> <i>A. ludens</i> <i>B. tryoni</i> <i>C. capitata</i>	Mango	Aire, 48°C, 15 min, HR>95%, en el corazón del fruto	Heather y col., 1997

Para establecer el tiempo de aplicación de un tratamiento se efectúan las pruebas de mortalidad, tiempo y temperatura. Para *C. capitata*, *A. obliqua* y *A. distincta* se determinó la mortalidad de las larvas en mango Haden y Kent, a  $46.1 \pm 0.25^{\circ}\text{C}$  durante 10-70 min, hasta establecer el 100% de mortalidad que se obtuvo a los 70 min, cuando se alcanzó el 99.9968 % de mortalidad (probit 9) (Sharp y Picho-Martínez, 1990).

Para destruir todos los estados inmaduros de mosca del Caribe (*A. suspensa* L.) en Tommy Atkins y Keitt por agua caliente a  $46.1 - 46.7^{\circ}\text{C}$ , el tiempo fue de 20 - 60 min. Al evaluar los resultados a gran escala obtuvieron cero sobrevivientes de una población de 116, 031 larvas en 3, 828 frutos infestados y tratados a  $46.1 - 46.7^{\circ}\text{C}$  por 90 min (Sharp y col, 1989).

Al exponer fruto de mango 'Kensington' con aire forzado a 41, 43, 44 y  $45^{\circ}\text{C}$ , HR > 95%, *C. capitata* respondió similarmente a *Bactrocera tryoni* en cada especie, los huevos fueron aritmeticamente más tolerantes que las larvas de primero y segundo estadio. En este estudio, el aire forzado a  $48^{\circ}\text{C}$ , HR > 95% se determinó como un tratamiento cuarentenario de desinfestación contra huevos y larvas de *Bactrocera tryoni* y *Ceratitidis capitata* al obtener una eficacia que excedió al probit 9, cuando se aplicó durante 15 min en el corazón de frutos de mango Kensington infestados (Heather y col., 1996).

En pruebas realizadas con poblaciones de larvas silvestres y las criadas en laboratorio, de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) en papaya, no presentaron diferencias apreciables entre las tasas de mortalidad de ambas poblaciones; a  $46^{\circ}\text{C}$  se obtuvieron diferencias mínimas que pudieron deberse a la edad de desarrollo de la larva, al preacondicionamiento larval, al estadio fisiológico, a la localización dentro del fruto y al manejo del fruto antes del tratamiento. Entre larvas de origen silvestre y las criadas en el laboratorio, no se presentaron diferencias de mortalidad y a una temperatura de  $46^{\circ}\text{C}$  no hubo sobrevivencia de larvas (Hansen y col., 1990).

III.2.2. Atmósferas Controladas (AC) en productos infestados. Existen pocos ejemplos de la evaluación de la combinación de AC con temperaturas altas con fines de establecer un tratamiento cuarentenario (Cuadro 3.2), no existen para el fruto de mango infestado por las especies de *Anastrepha*, existe un reporte para *A. ludens* en toronja.

Cuadro 3.2. Condiciones de atmosferas controladas evaluadas en productos infestados para el control de plagas

Insecto	Fruto	Condiciones	Referencias
<i>Panonychus ulmi</i>	Manzana	1% O <sub>2</sub> + 1.5% CO <sub>2</sub> 7.5°C	Lidster y col., 1984
<i>Rhagoletis mendax</i>	Manzana	>45% CO <sub>2</sub> , 21°C 2 días	Prange y Lisdter, 1992
<i>Cydia pomonella</i>	Nueces	0.5% O <sub>2</sub> ; 0.5% O <sub>2</sub> + 10% CO <sub>2</sub> con N <sub>2</sub> ; 98% CO <sub>2</sub> en aire a 39, 41, 43 y 45°C	Soderstrom y col., 1996
<i>Tetranychus urticae</i>	Kiwi	0.4% O <sub>2</sub> + 20% CO <sub>2</sub> 40°C por 7 h	Lay-Yee y Whiting, 1996
<i>Anastrepha ludens</i>	Toronja	1% O <sub>2</sub> en aire a 46°C 4.0 h 1% O <sub>2</sub> + 20% CO <sub>2</sub> 2.0, 3.0, 3.5 h	Shellie y col., 1997

Sin embargo, se ha experimentado en manzana para el control de la papalota café, donde se utilizaron AC con 40°C de temperatura. En Kiwi 'Hayward' (*Actinidia deliciosa* A. Chev) se probaron 0.4% de O<sub>2</sub>, 20 % de CO<sub>2</sub> a 40°C por 7-10 h y se obtuvo el 100% de mortalidad de adultos de ácaros; pero dichas condiciones disminuyeron la firmeza de la fruta y mostraron un oscurecimiento vascular y pudrición. El riesgo de daño al fruto puede disminuirse con un menor tiempo de exposición, sin comprometer la efectividad del tratamiento sobre el ácaro (Lay-Yee y Whiting, 1996).

Cuando se trataron toronjas infestadas artificialmente con larvas de *A. ludens* de tercer estadio bajo AC a 46°C y diferentes tiempos (2.0-3.5 y 4.0 h en aire) la mortalidad del 100% se alcanzó a las 3.5 h para la AC de 1% de O<sub>2</sub> y 1% de O<sub>2</sub> + 20% de CO<sub>2</sub>; la aplicación de las AC redujo el tiempo de exposición de 4 a 3.5 h y en este caso la reducción del oxígeno de 20 a 1% causó mayor mortalidad en larvas de tercer estadio que la atmósfera enriquecida de CO<sub>2</sub> al 20% sin embargo, cuando se evaluó a 44°C por 2 h la mortalidad fue muy baja, como máximo obtuvieron 23.9% (Shellie y col., 1997).

### III.3. HIPOTESIS Y OBJETIVO.

#### III.3.1. Hipótesis.

La atmósfera controlada (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) a temperaturas altas por 160 min, controla huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila.

#### III.3.2. Objetivo General.

Evaluar la eficiencia de la atmósfera controlada (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) a temperaturas altas por 160 min, para el control de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango 'Manila' infestados artificial y naturalmente.

#### III.3.2. Objetivos Específicos.

1. Determinar la eficiencia de la atmósfera controlada (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) a temperaturas altas por 160 min, para la mortalidad de larvas de tercer estadio de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila con infestación artificial.

2. Determinar la eficiencia de la atmósfera controlada (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) a temperaturas altas por 160 min, para la mortalidad de huevos y larvas de primer estadio de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila con infestación natural.

### III.4. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### III.4.1 Materiales.

III.4.1.1 Equipo. El equipo utilizado en los ensayos *in vitro* consistió de la cámara de atmósferas controladas, descrita en el Capítulo 1.

III.4.1.2. Jaulas. Las jaulas se construyeron de varillas soldadas (1 m de alto X 0.6 m de ancho X 0.6 m de profundidad) y forradas con malla mosquitera de plástico. En la parte superior de la jaula se hicieron 20 perforaciones para colocar bolsas (15 X 50 cm diámetro X largo) de media de nylon, cosidas a las perforaciones; en ellas se colocaron los frutos para que pudieran ser infestados. La jaula tenía una abertura en un costado para colocar las pupas, el agua y el alimento (Leyva y col., 1991).

### III.4.2. Material Biológico

III.4.2.1. Insectos. Las larvas (33, 600) y pupas (160 000) de las dos especies fueron proporcionadas por el personal de la planta MOSCAFRUT del Departamento de Sanidad Vegetal de la SAGAR.

III.4.2.2. Frutos. Los frutos de Mango Manila (3 360) fueron proporcionados por el Campo Experimental Cotaxtla (INIFAP-SAGAR), establecido en el estado de Veracruz.

### III.4.3. Metodología

III.4.3.1. Registro de condiciones ambientales en la cámara. Los registros de las condiciones ambientales de la cámara la temperatura y concentración de los gases se efectuó como se describió en el Capítulo 1.

III.4.3.2. Manejo de Muestras. Los frutos se cosecharon cuando presentaron la madurez fisiológica (90 días después del amarre) y se trasladaron al laboratorio donde se tomó una muestra de 30 frutos para establecer el porcentaje de infestación de campo. Para la infestación artificial, los frutos (1 680) se almacenaron a 10°C por 24 h y para infestación natural (1 680) se almacenaron por 12 días. Después, los frutos se retiraron de la cámara de enfriamiento, se les permitió que alcanzaran la temperatura ambiente, se lavaron, se seleccionaron por tamaño y se distribuyeron equitativamente en lotes. Las larvas se manejaron de acuerdo a la metodología descrita en el Capítulo 1.

Las pupas (50, 000 de la especie *A. obliqua* y 30, 000 de *A. ludens*, por repetición y se efectuaron 2 repeticiones) próximas a emerger, se trasladaron al laboratorio, se colocaron en dos jaulas para cada especie con agua y alimento (Cuadro A.3.1), en un cuarto con condiciones ambientales controladas (25°C, 75% HR y período de iluminación 14 h luz) y cuando emergieron los adultos se alimentaron con una dieta especial para adultos (Cuadro A.3.1). Se permitió que los adultos alcanzaran su madurez sexual para que se efectuara la cópula y 3 días después, cuando la mayor proporción de hembras había iniciado la oviposición se efectuó la infestación de frutos.

III.4.3.3. Infestación Artificial de Frutos. Los frutos de mango Manila fueron seleccionados uniformemente con base en el tamaño, se pesaron ( $181.0 \pm 32.5$  g) (Cuadros A.3.2 y A.3.3.) y se agruparon en 24 lotes de 70 frutos (840 frutos por especie de mosca). Cada fruto fue perforado dos veces con un sacabocados (# 7, 1.5 cm de diámetro). En cada perforación se introdujeron 10 larvas (33 600 larvas de las dos especies) (Cuadros A.3.2 y A.3.3.), se cerró con la porción

de fruto que se había sacado al cual se le cortó una parte de la pulpa para dejar espacio para las larvas, ambas perforaciones se sellaron con silicón térmico y se sometieron a los diferentes tratamientos. Los frutos tratados se enfriaron en agua a temperatura ambiente por media hora, se disectaron y se registró el número de larvas sobrevivientes. Las larvas sobrevivientes fueron las que conservaron su movilidad y las larvas que se consideraron muertas se colocaron en agua a temperatura ambiente por 30 min, para comprobar que habían perdido su movilidad.

III.4.3.4. Infestación Natural de Frutos. Los frutos ( $187 \pm 46$  g) (Cuadros A.3.4 y A3.5) se colocaron en las jaulas y se permitió que fueran ovipositados por las moscas durante 12 h. Después de la infestación, los frutos se dividieron aleatoriamente en dos lotes (uno para el tratamiento y otro para el control, éste fue la tercera parte del total del lote) por especie. Para el total de tratamientos se infestaron 1 680 frutos con 119 939 insectos (70 481 larvas de primer estadio y 49 458 huevos) en los 24 lotes.

Los tratamientos se aplicaron 48 h después de la infestación para que los huevos tuvieran el 50% de desarrollo o cuando tuvieron 96 h para las larvas de primer estadio. Los frutos tratados y los controles se colocaron en bolsas de polietileno (70 X 50 cm), que en la parte superior tenían una perforación (40 x 20 cm) cubierta con tela de algodón y después de 9 días de aplicados los tratamientos, se disectaron los frutos tratados y los controles y se registró el número de larvas por lote.

III.4.3.5. Análisis Estadísticos. En los experimentos con infestación artificial para larvas de tercer estadio los tratamientos consistieron en la combinación de la AC (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>), con las temperaturas de 35, 37, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48 y 49°C por 160 min.

La variable de respuesta para los ensayos de infestación artificial fue la mortalidad corregida, calculada a partir de la mortalidad observada y se corrigió con los sobrevivientes del control de acuerdo con la fórmula de Abbott (Abbott, 1925) en los frutos infestados artificialmente.

El análisis probit 9 se realizó con los resultados obtenidos con la atmósfera controlada 0% O<sub>2</sub> 50% CO<sub>2</sub> a 35, 39, 40, 42 y 43°C para la determinación de la dosis letal 99.9968 para larvas de *A. ludens* en frutos infestados artificialmente, se utilizaron los procedimientos generales lineales (Instituto SAS 1986-1996).

En el análisis probit se utilizaron los niveles de temperatura como variable independiente y como variable dependiente los probits a partir de la relación del total de

insectos por tratamiento y el número de insectos que murieron. Dicho análisis probit se basa en el análisis de regresión lineal ( $Y = \alpha + \beta(X)$ ) ( $\alpha$  = intercepto y  $\beta$  = pendiente) del logaritmo de la dosis ( $X$ ) con el logaritmo de la probabilidad de la respuesta (unidades de probabilidad = Probit ( $Y$ )) de los insectos a las dosis expuestas. El uso de la transformación a logaritmos es para hacer lineal la respuesta binaria (vivo = fracaso, muerto = éxito) que generalmente es asimétrica. La determinación de la dosis letal se efectúa a partir de los estimadores  $\alpha$  y  $\beta$  en la ecuación de la recta  $X = (Y - \alpha) / \beta$ ; DL = antilog X

En los experimentos para frutos con infestación natural realizados en larvas de primer estadio los tratamientos de la AC con las temperaturas de 45, 44, 43, 42, 40, 39°C por 160 min. y en huevos la AC con las temperaturas de 43, 42, 40, 39 y 37°C así como aire a 43°C todos por 160 min.

El número de larvas o huevos del lote tratado se calculó a partir del número de larvas o huevos en el lote control; el número de larvas del lote control se multiplicó por el número de frutos del lote tratado y se dividió entre el número de frutos del lote control. El porcentaje de mortalidad fue la variable de respuesta, se calculó de la diferencia del número total de larvas o huevos en el lote tratado menos las sobrevivientes multiplicada por 100 y dividido entre el número total del lote.

### III.5. RESULTADOS Y DISCUSION.

**III.5.1. Condiciones ambientales de la cámara de atmósferas controladas.** Las condiciones de concentración de los gases y las temperaturas de entrada y salida a la cámara, así como en la superficie del fruto y en la pulpa cerca del hueso fueron programadas tanto en los experimentos con infestación artificial (Figs. 3.1-3.7) como natural (Figs. 3.8-3.13). En estos experimentos los perfiles de temperatura fueron los esperados, excepto para los ensayos de infestación artificial con larvas de tercer estadio a temperaturas de 40°C o menos (Fig. 3.1 – 3.2).

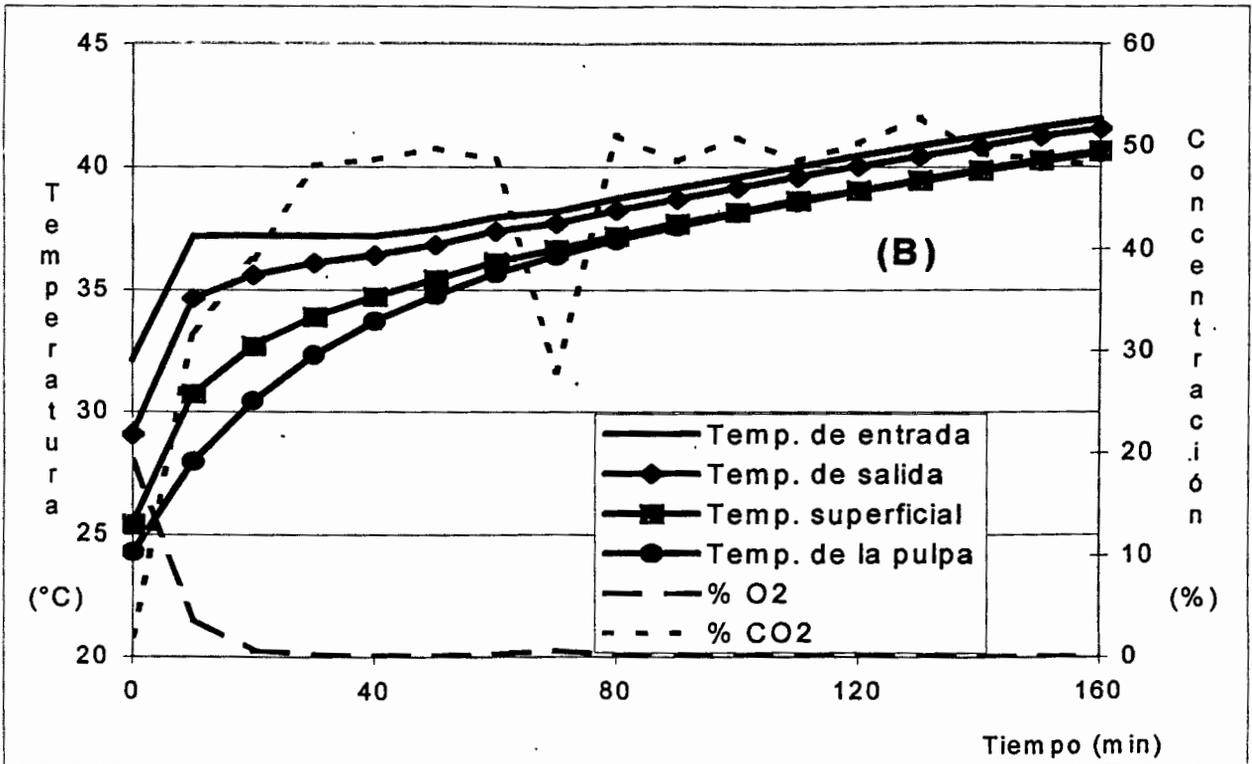
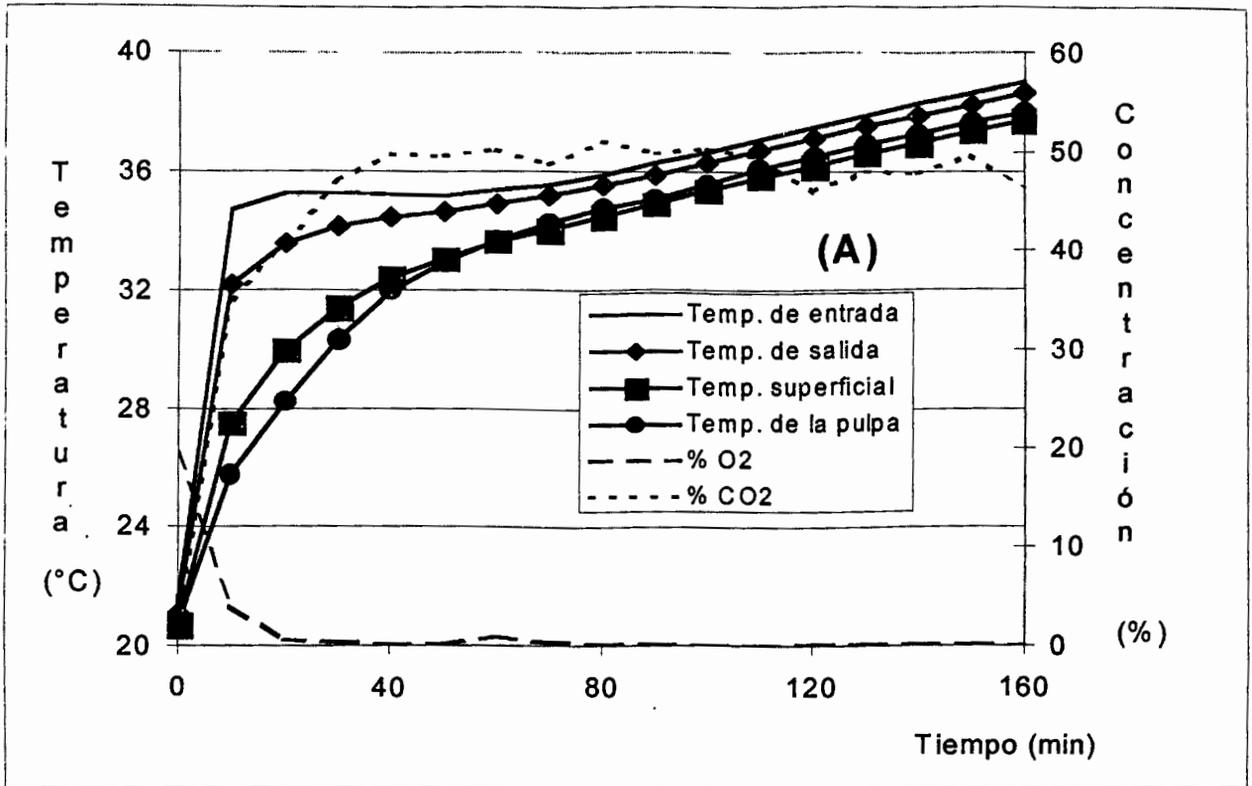


Figura 3.1. Evaluación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a: (A) 35 y (B) 37°C por 160 min para el control de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila infestación artificial.

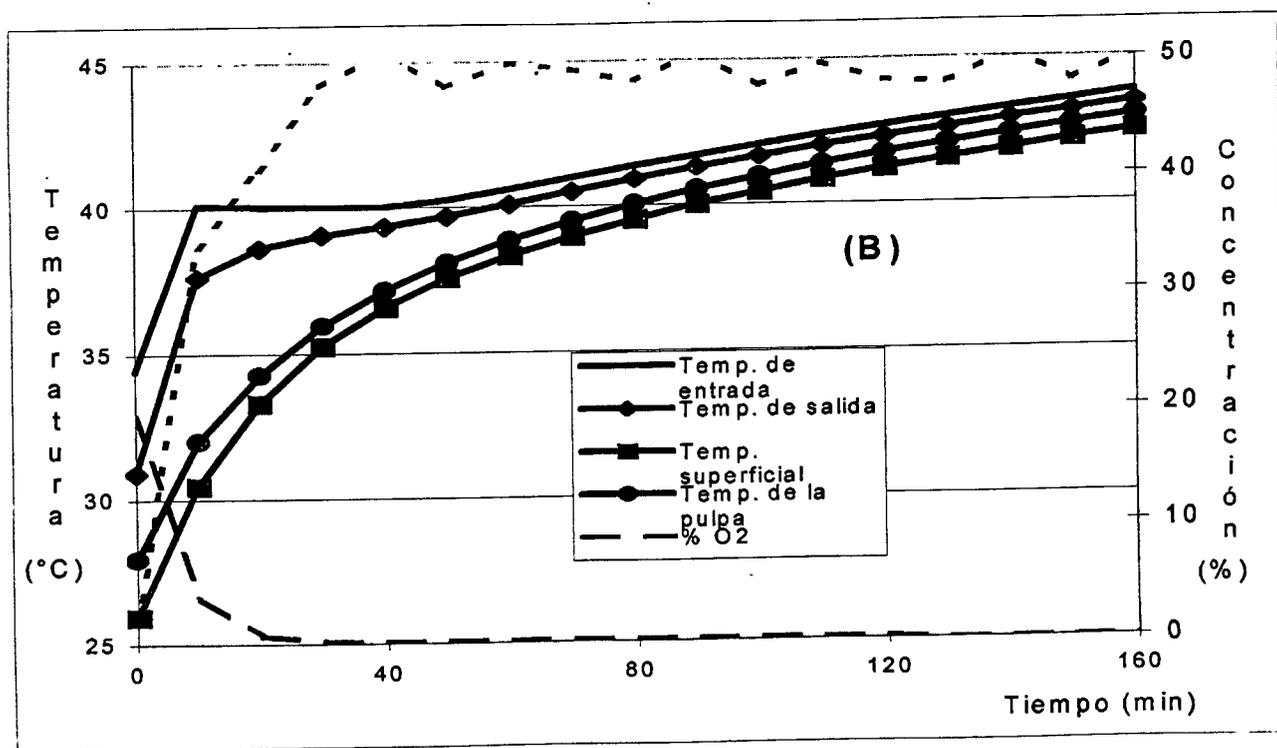
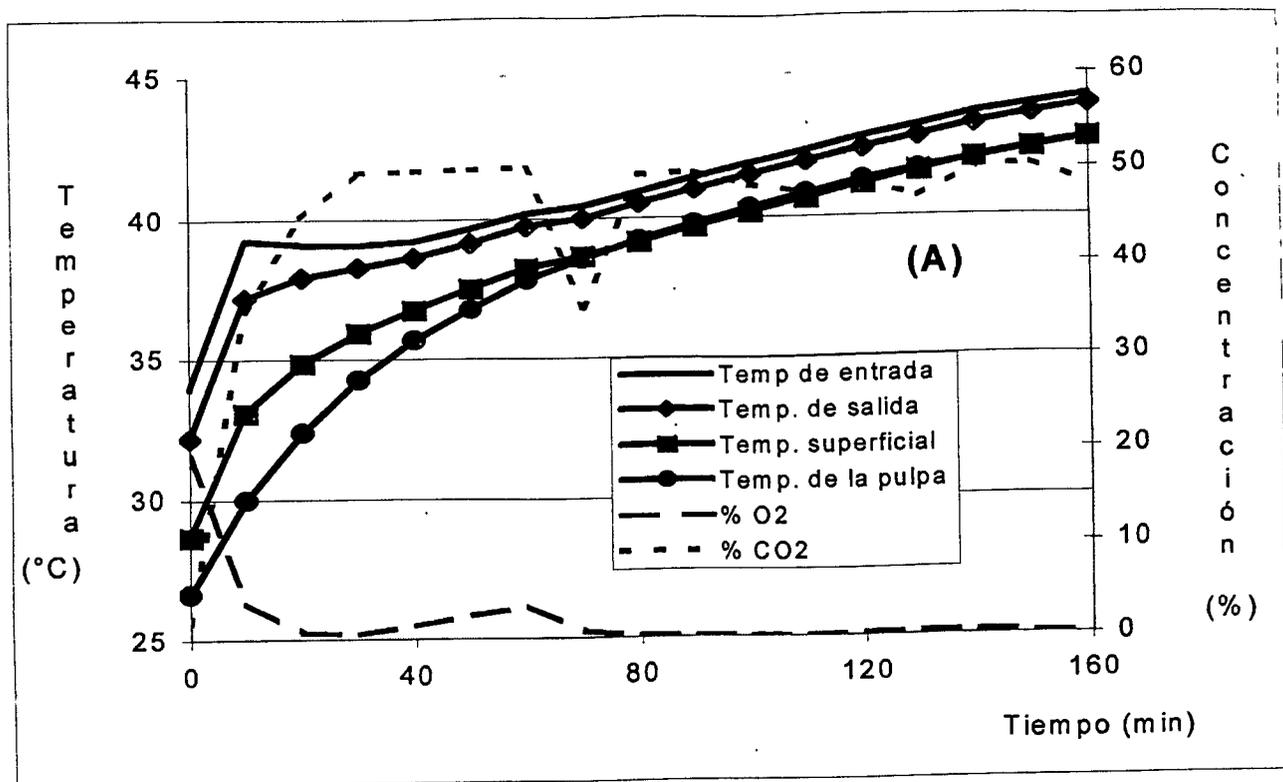


Figura 3.2. Evaluación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a: (A) 39 y (B) 40°C por 160 min para el control de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila infestación artificial.

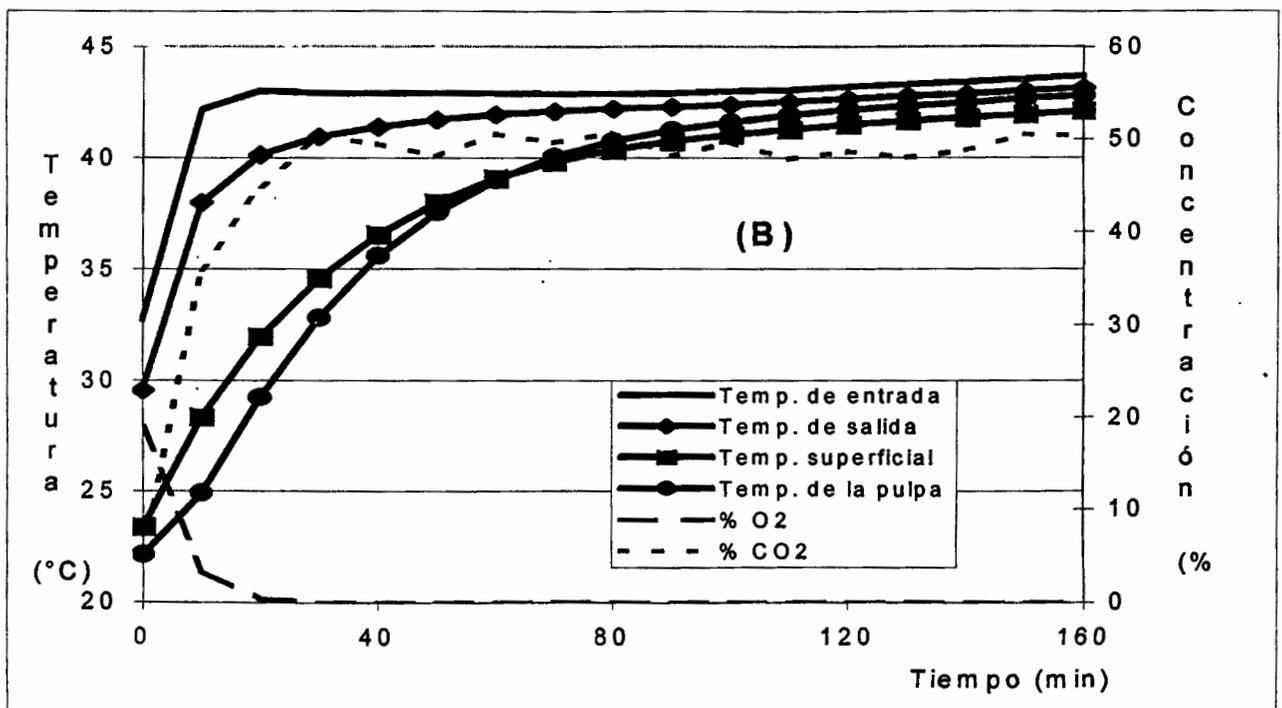
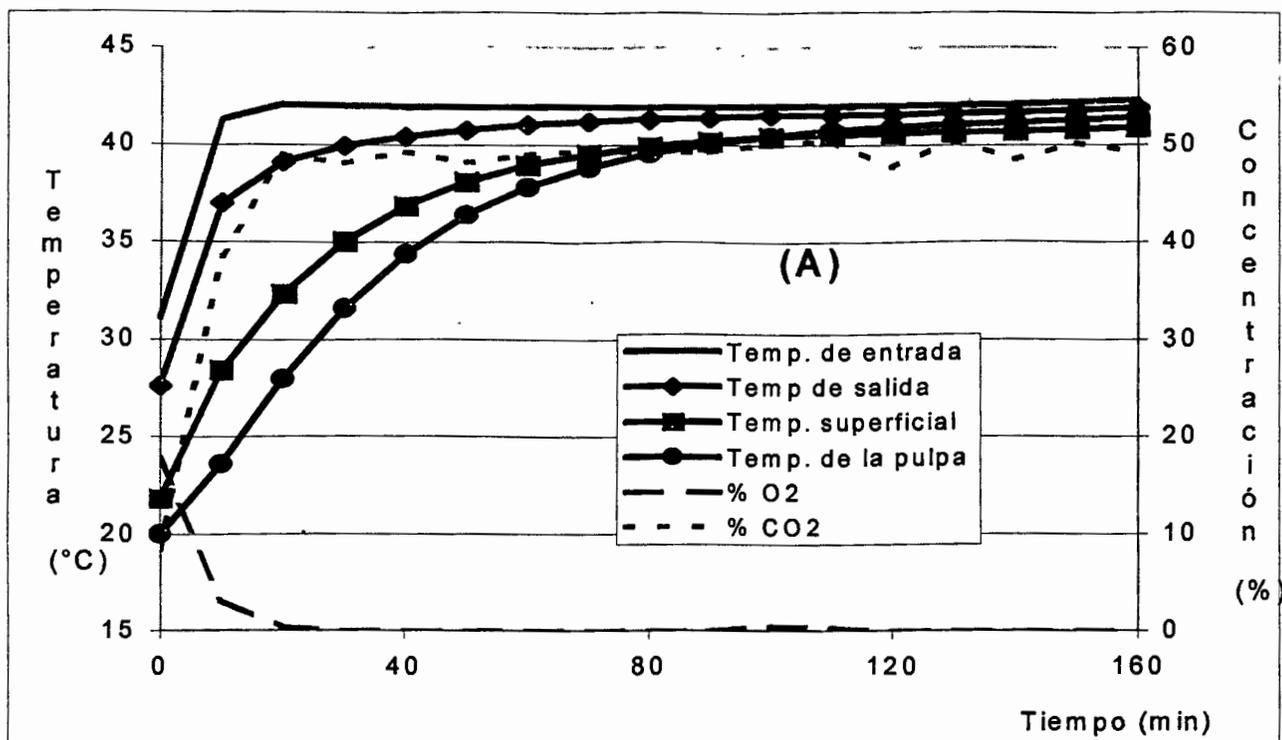


Figura 3.3. Evaluación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a: (A) 40 y (B) 42 °C por 160 min para el control de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila con infestación artificial.

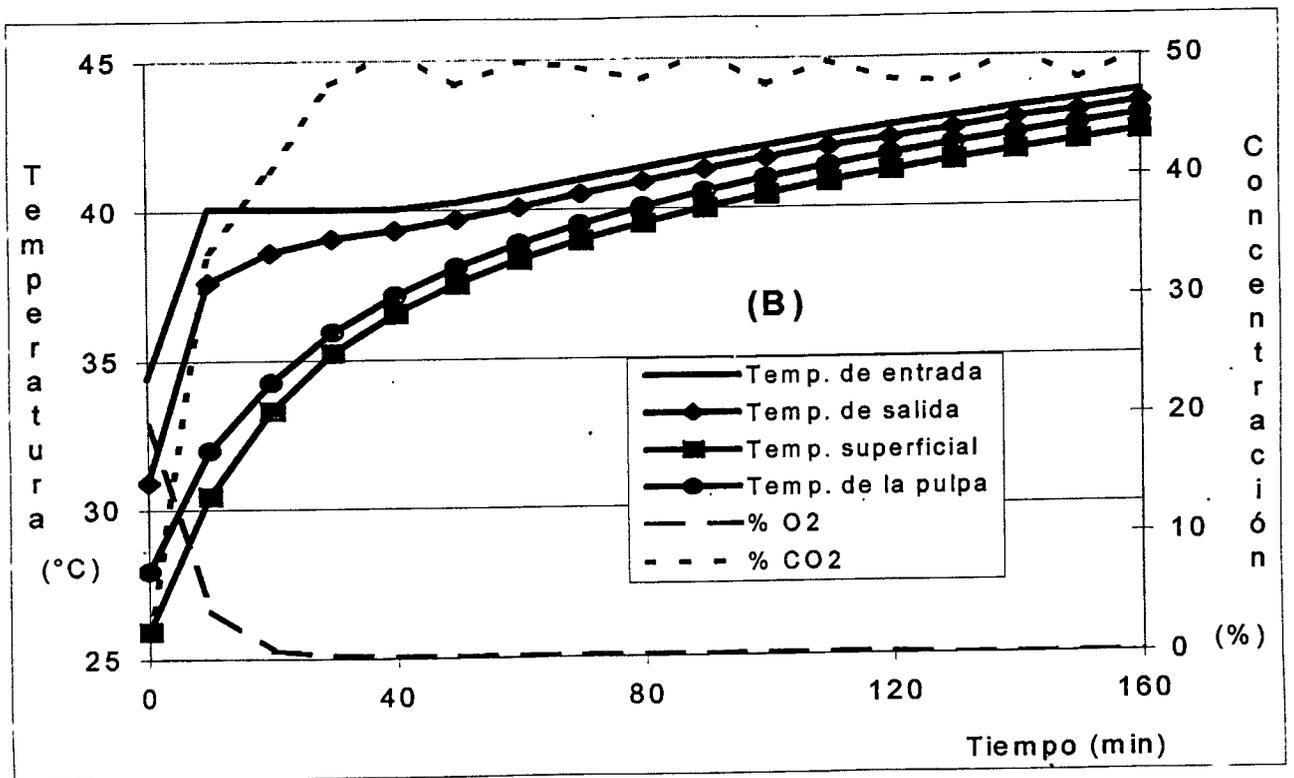
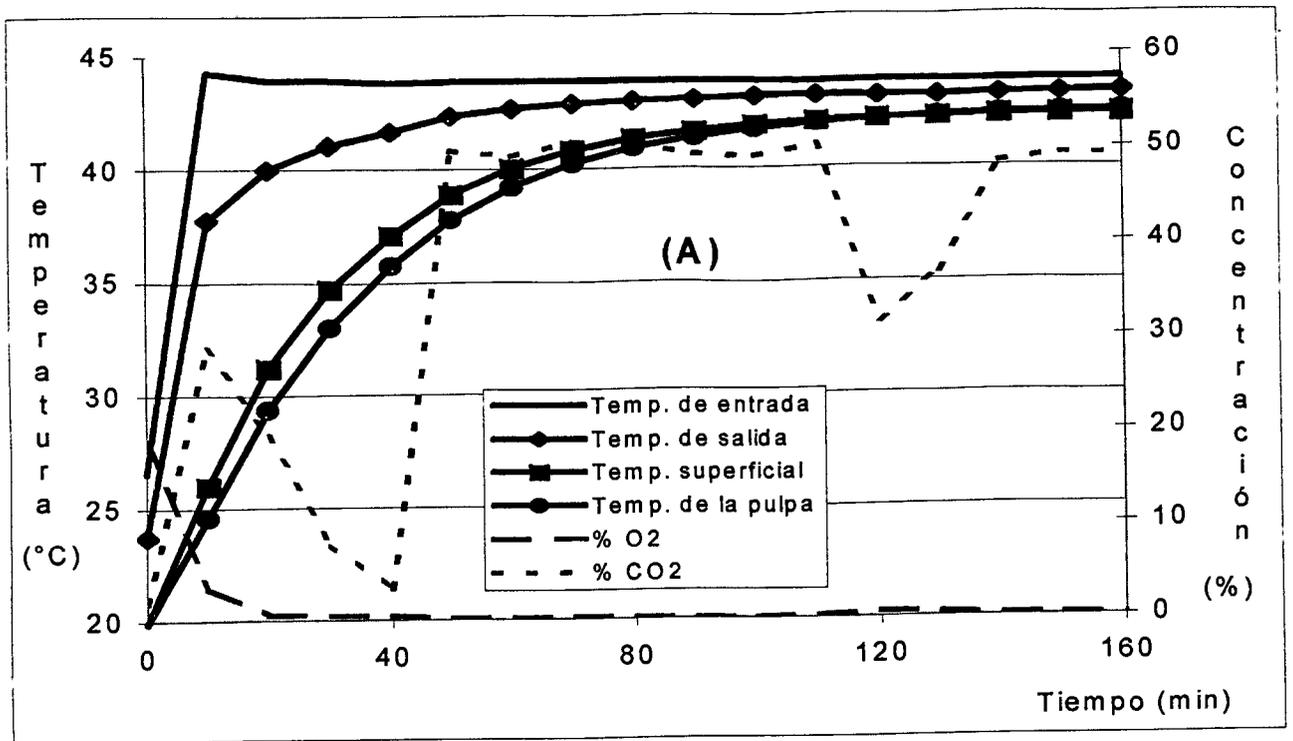


Figura 3.4. Evaluación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a: (A) y (B) 44°C por 160 min para el control de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila con infestación artificial.

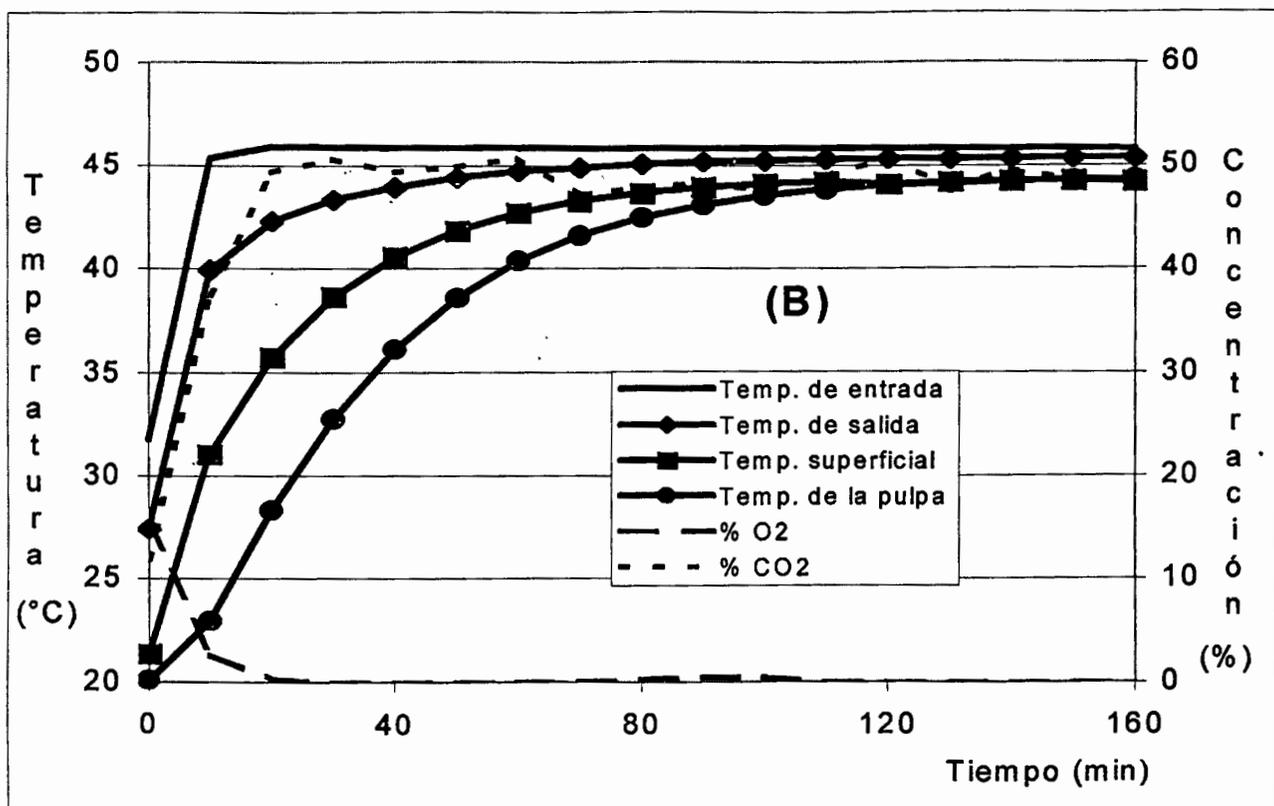
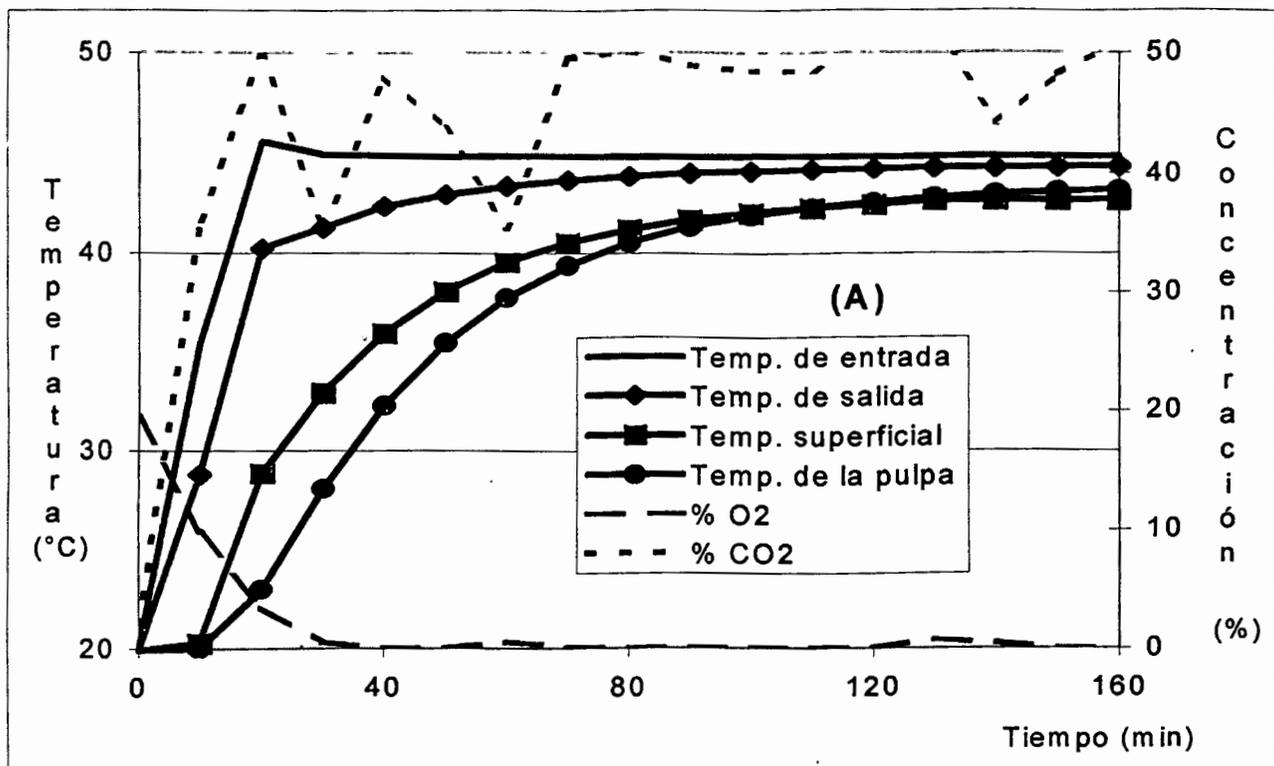


Figura 3.5 Evaluación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a: (A) 45 y (B) 46°C por 160 min para el control de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila con infestación artificial.

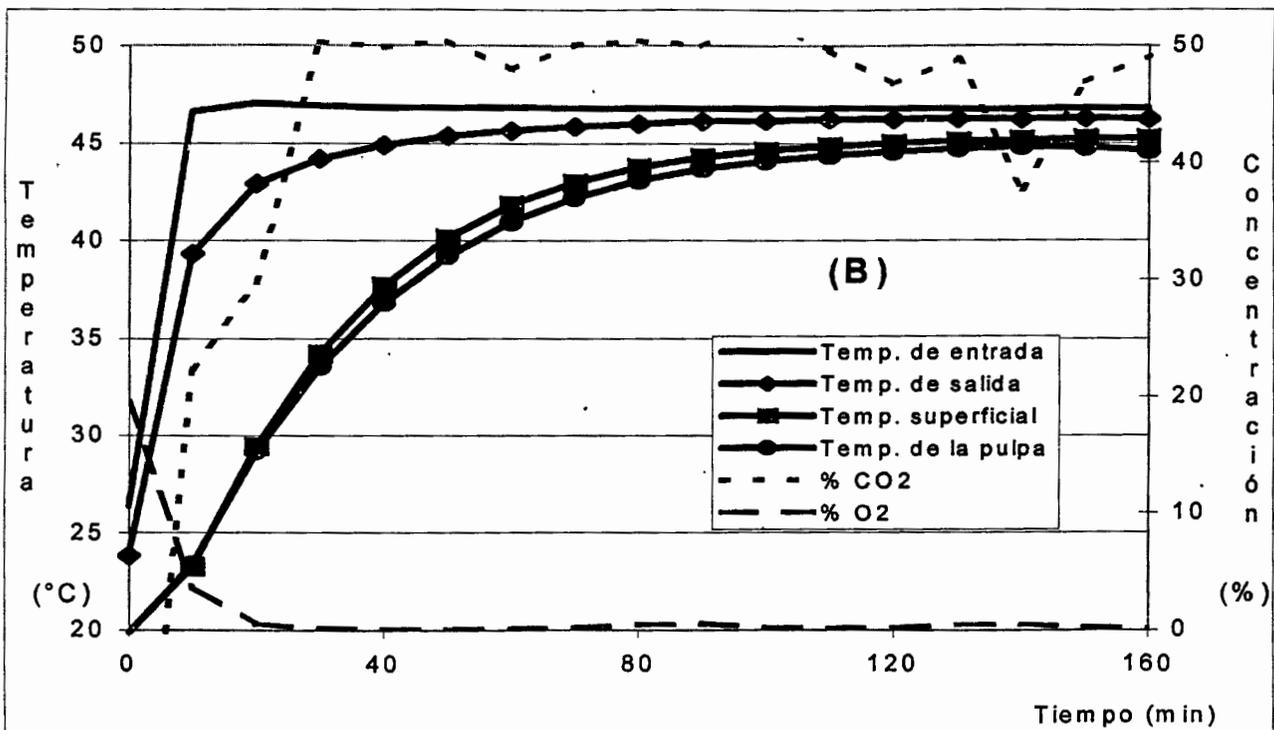
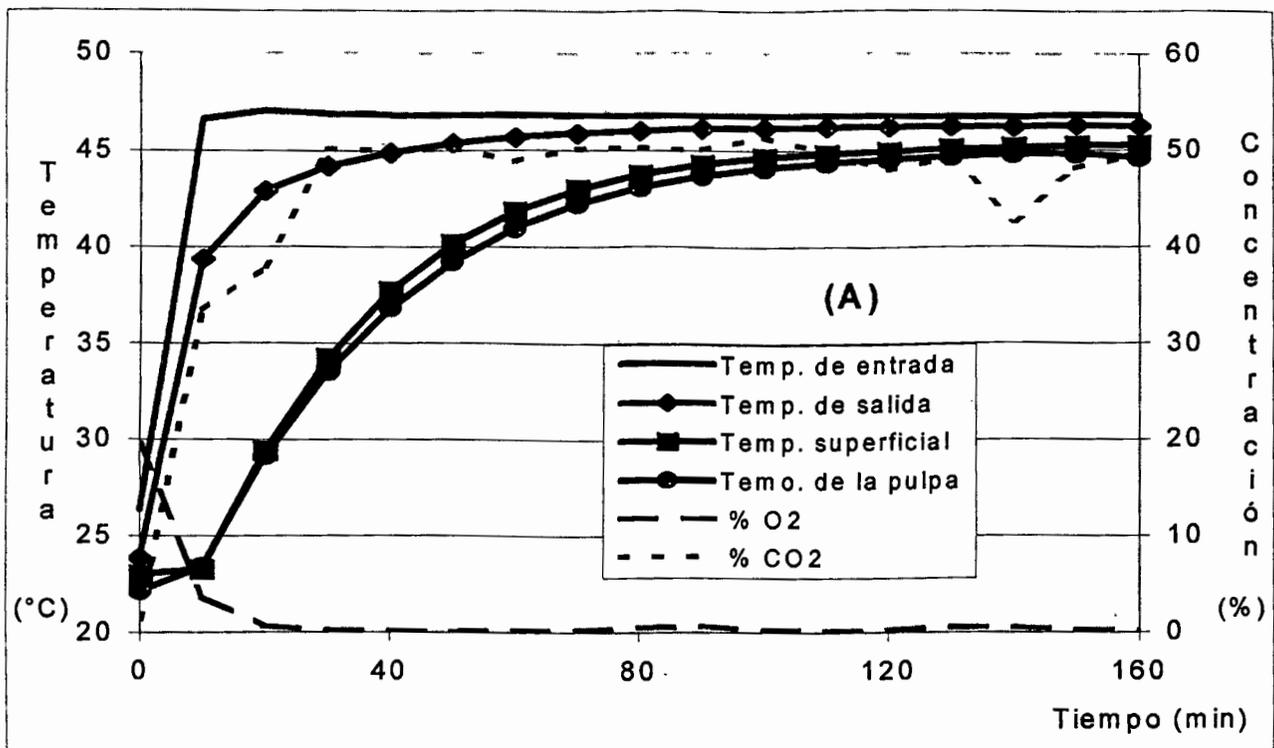


Figura 3.6. Evaluación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a: (A) 47 y (B) 48°C por 160 min para el control de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila con infestación artificial.

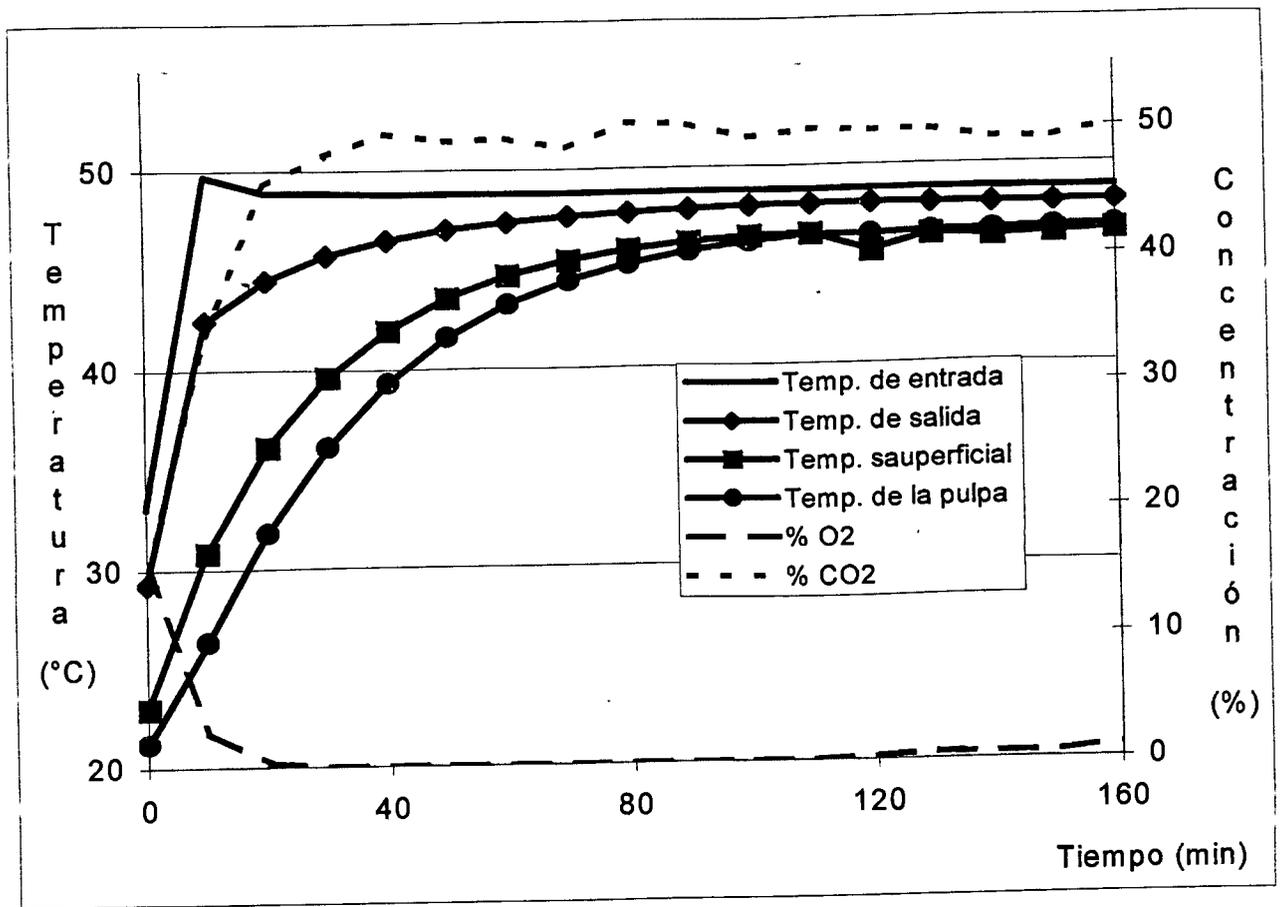


Figura 3.7 Evaluación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a: 49°C por 160 min para el control de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila con infestación artificial.

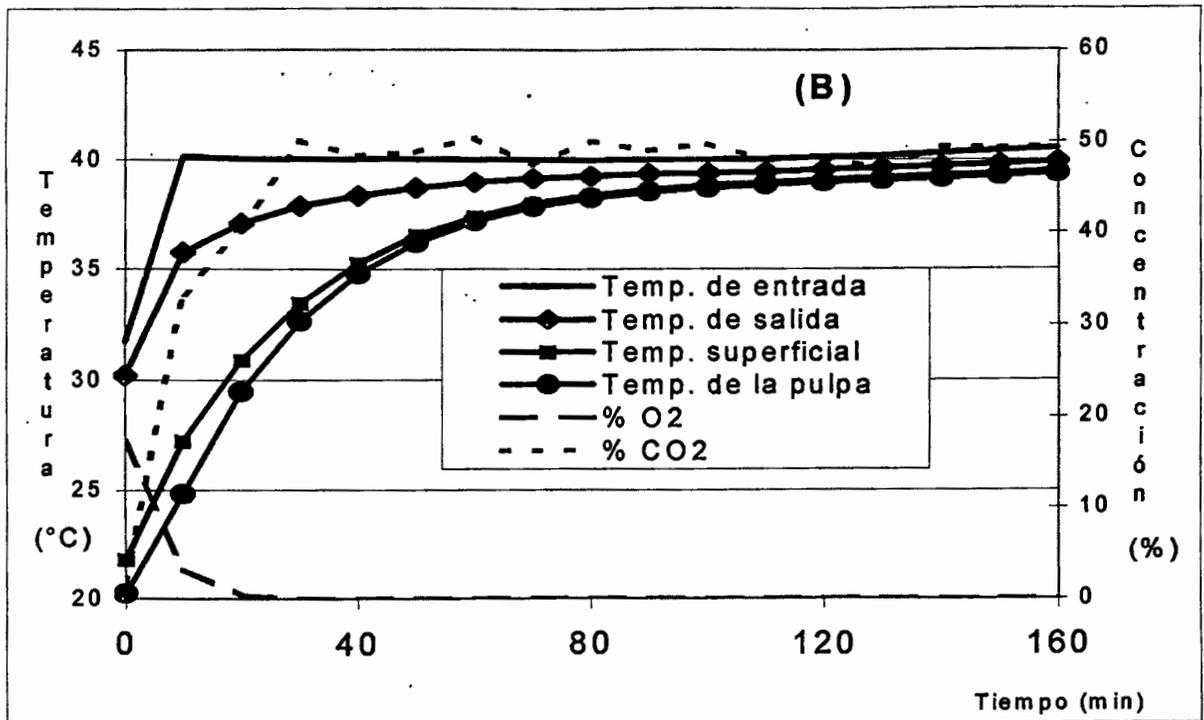
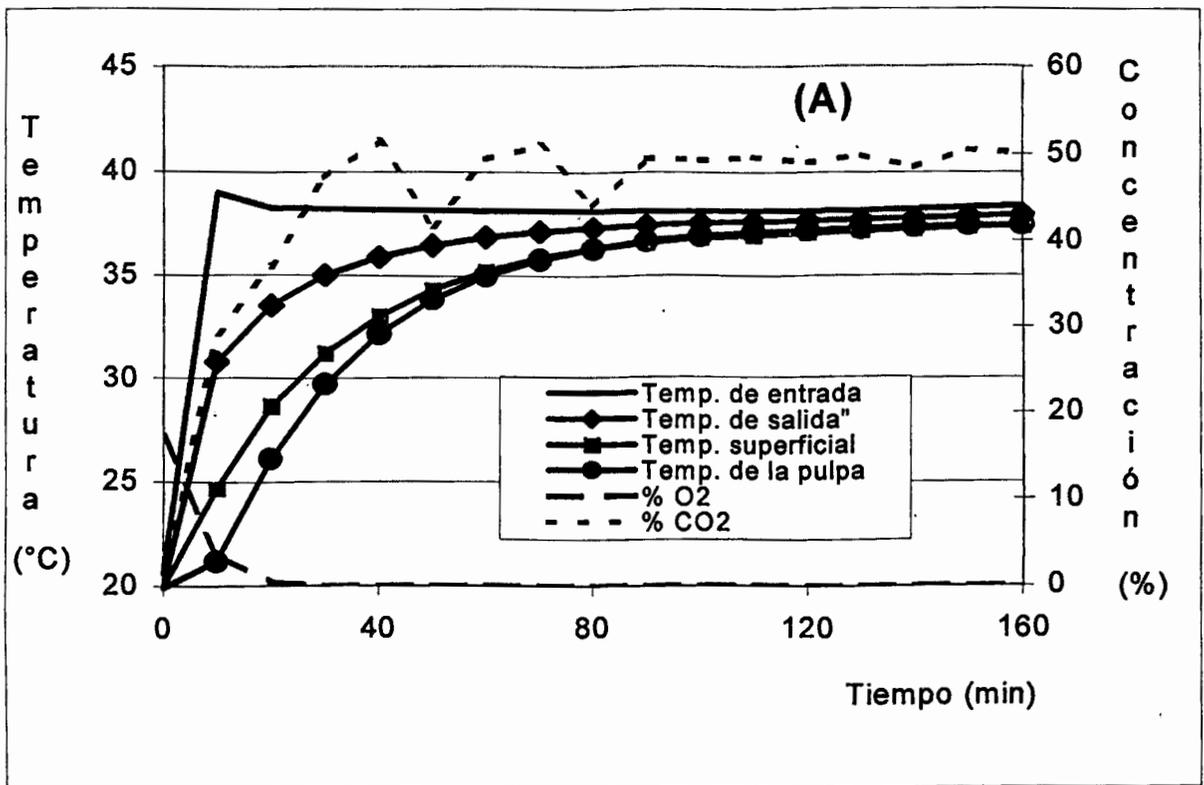


Figura 3.8 Evaluación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a: (A) 39 y (B) 40°C por 160 min para el control de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila con infestación natural.

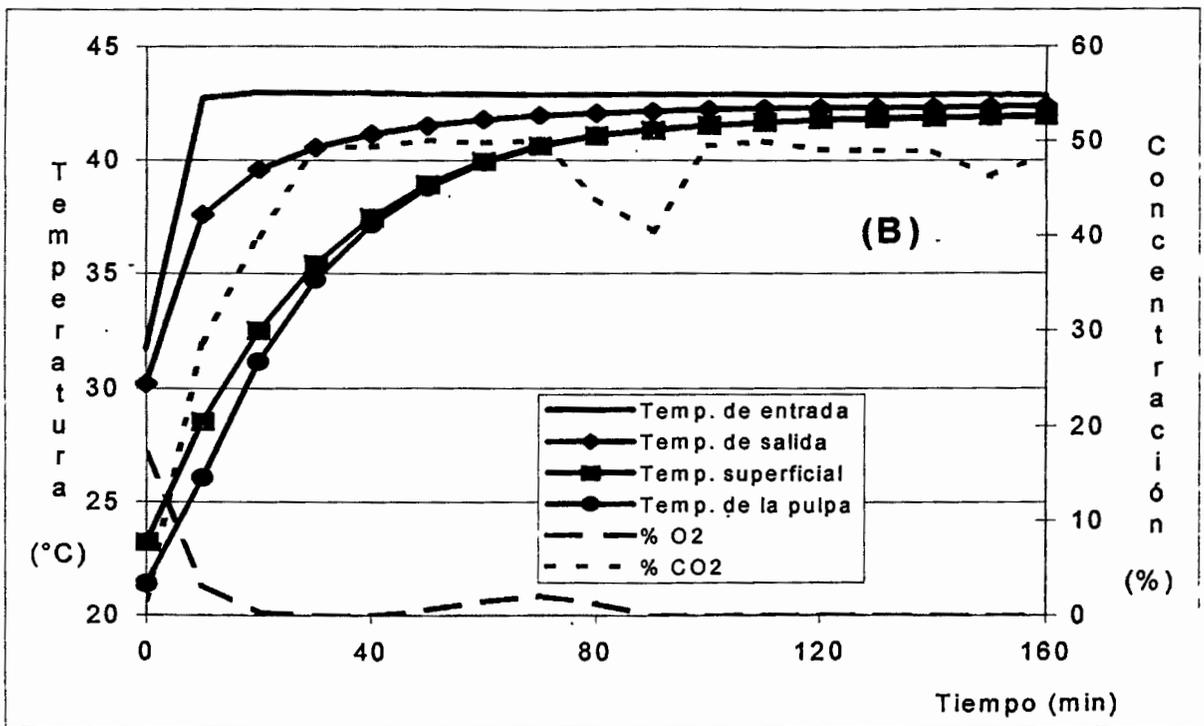
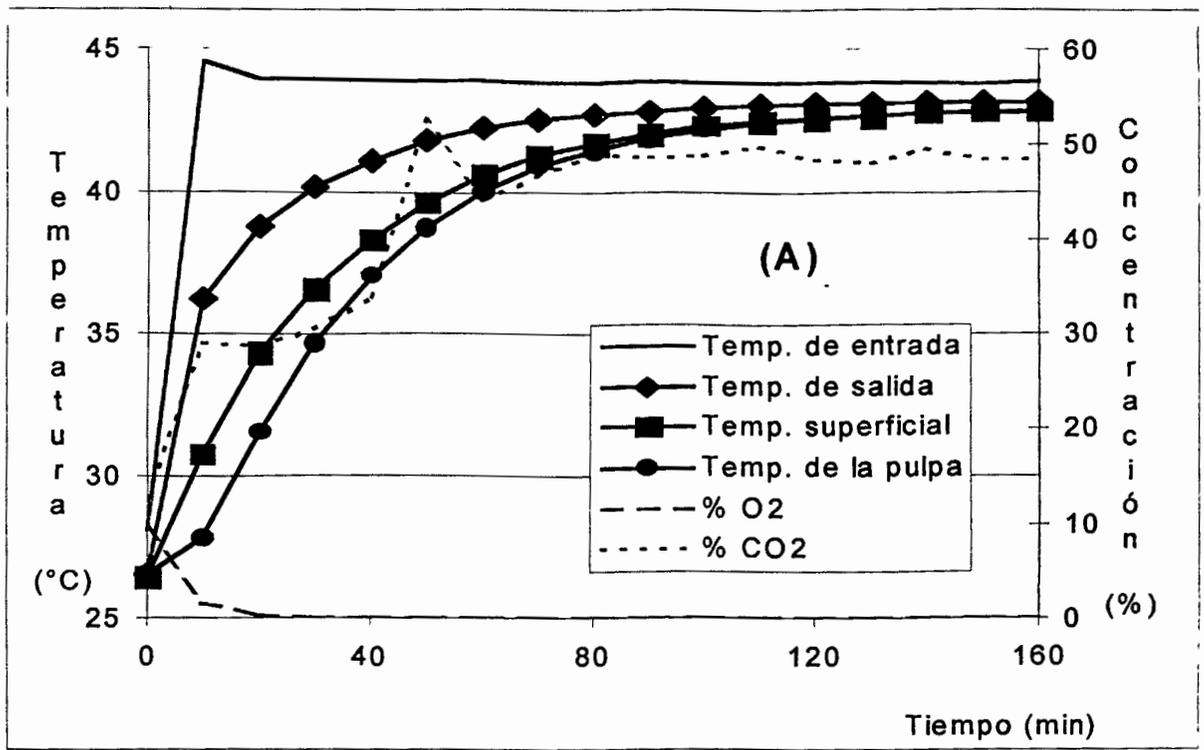


Figura 3.9 Evaluación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a: (A) 42 y (B) 43°C por 160 min para el control de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila con infestación natural.

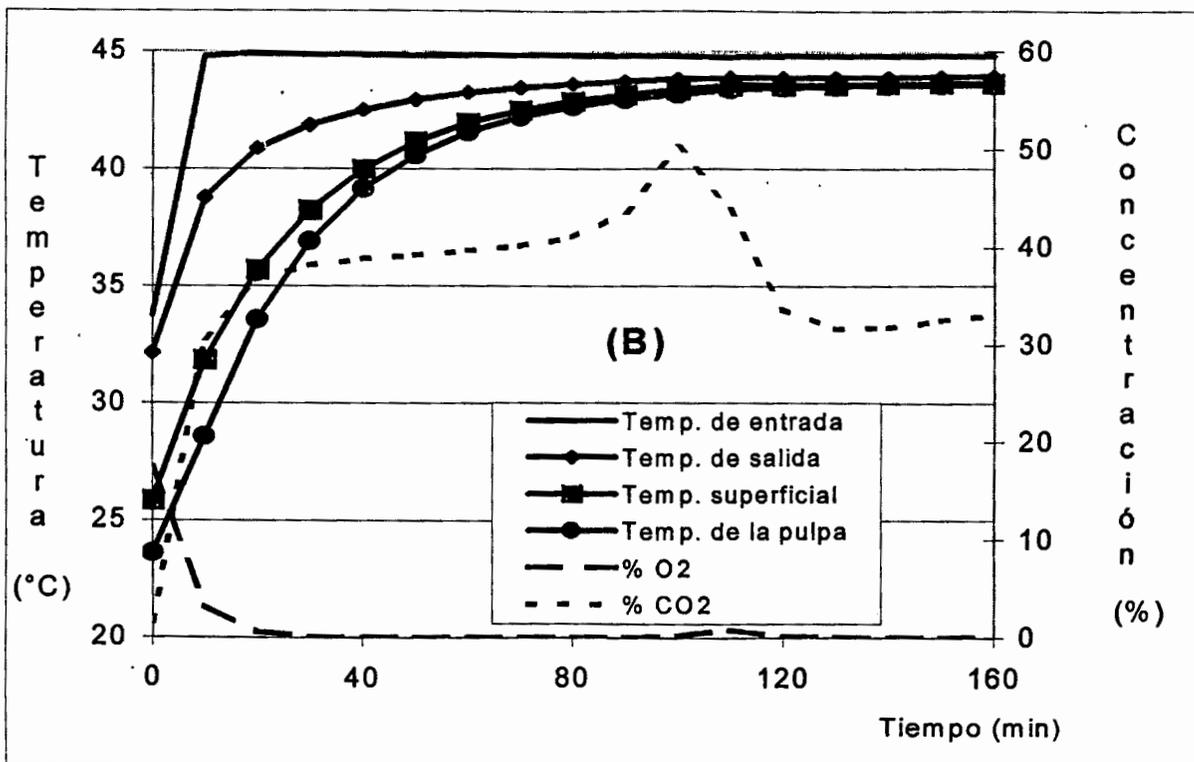
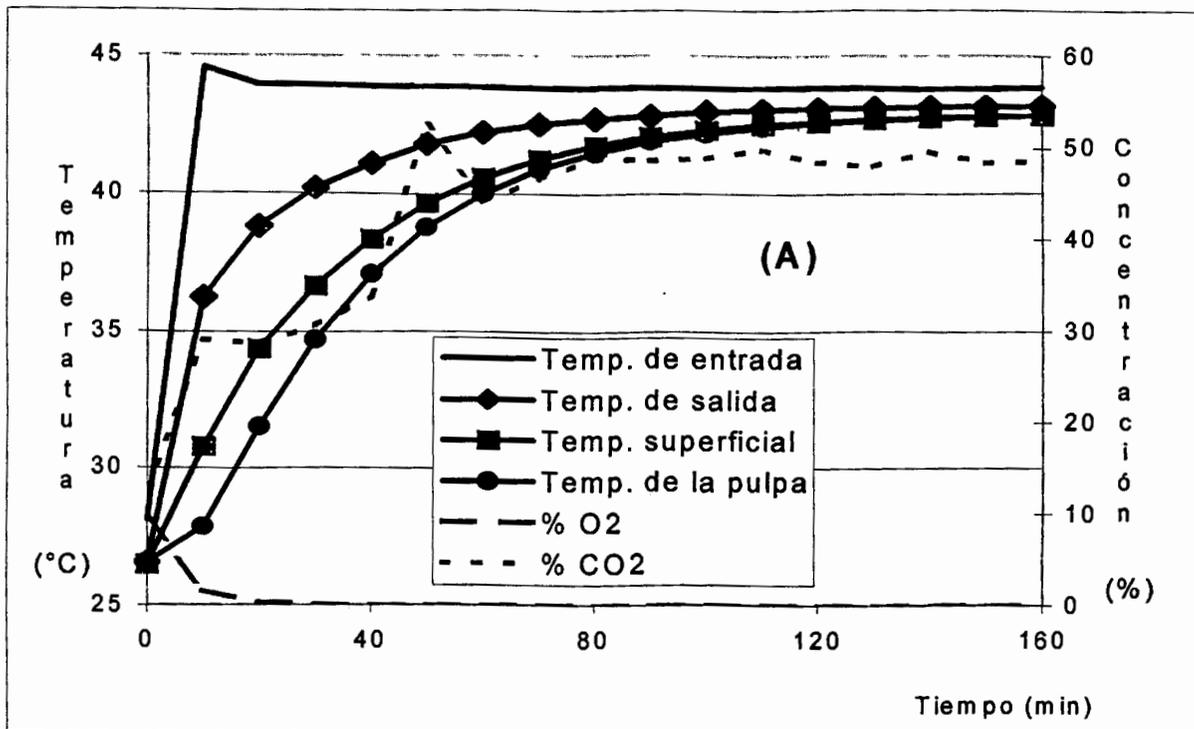


Figura 3.10 Evaluación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a: (A) 44 y (B) 45°C por 160 min para el control de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila con infestación natural.

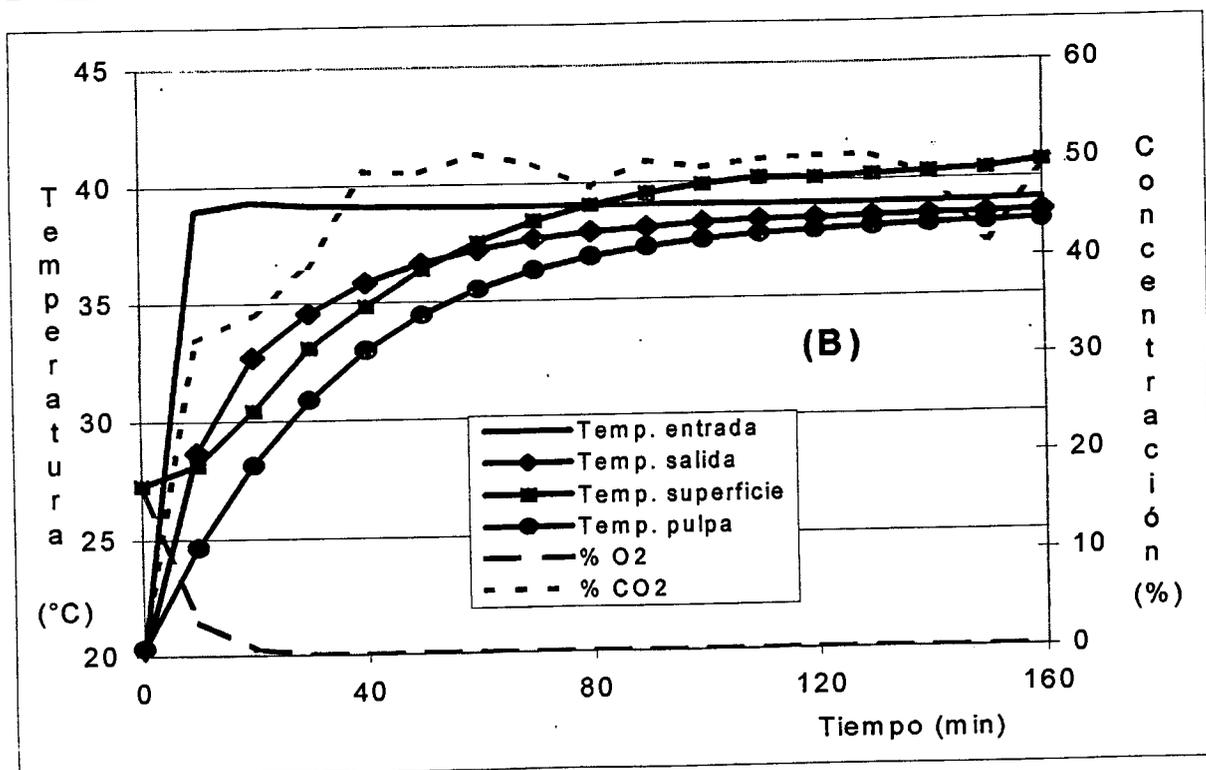
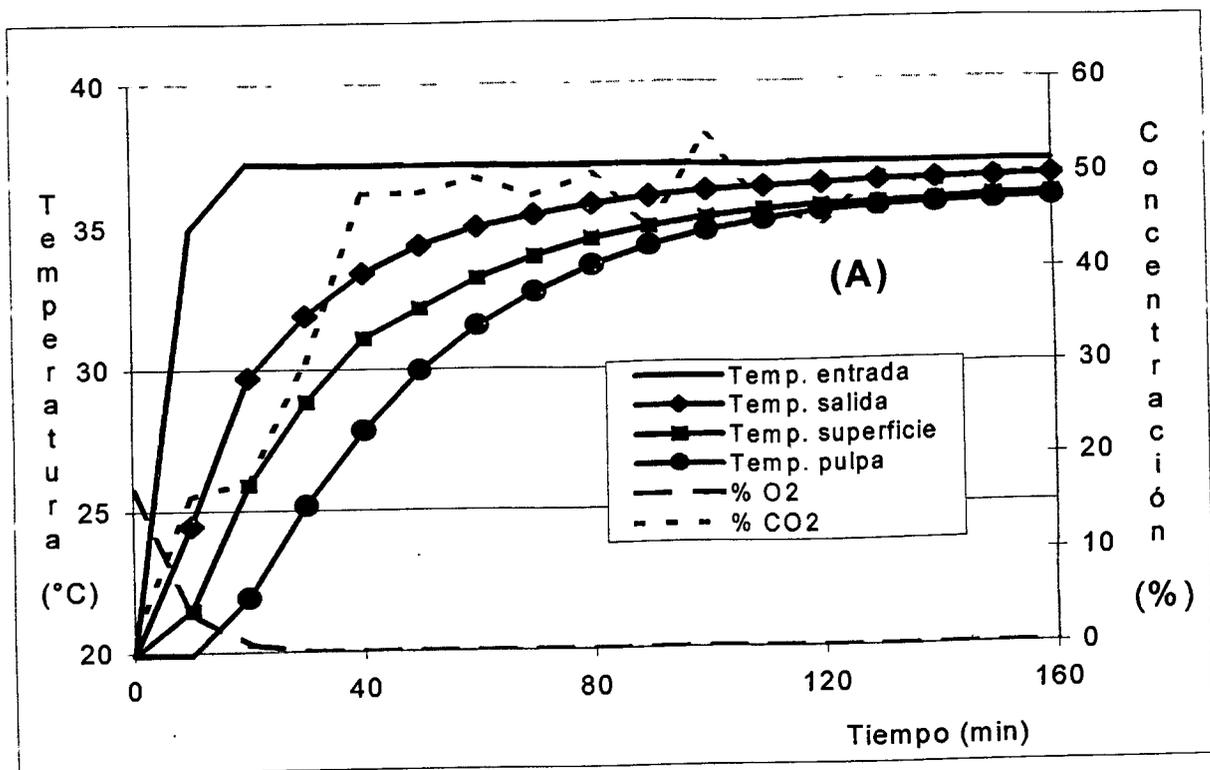


Figura 3.11 Evaluación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a: (A) 37 y (B) 39°C por 160 min para el control de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila con infestación natural.

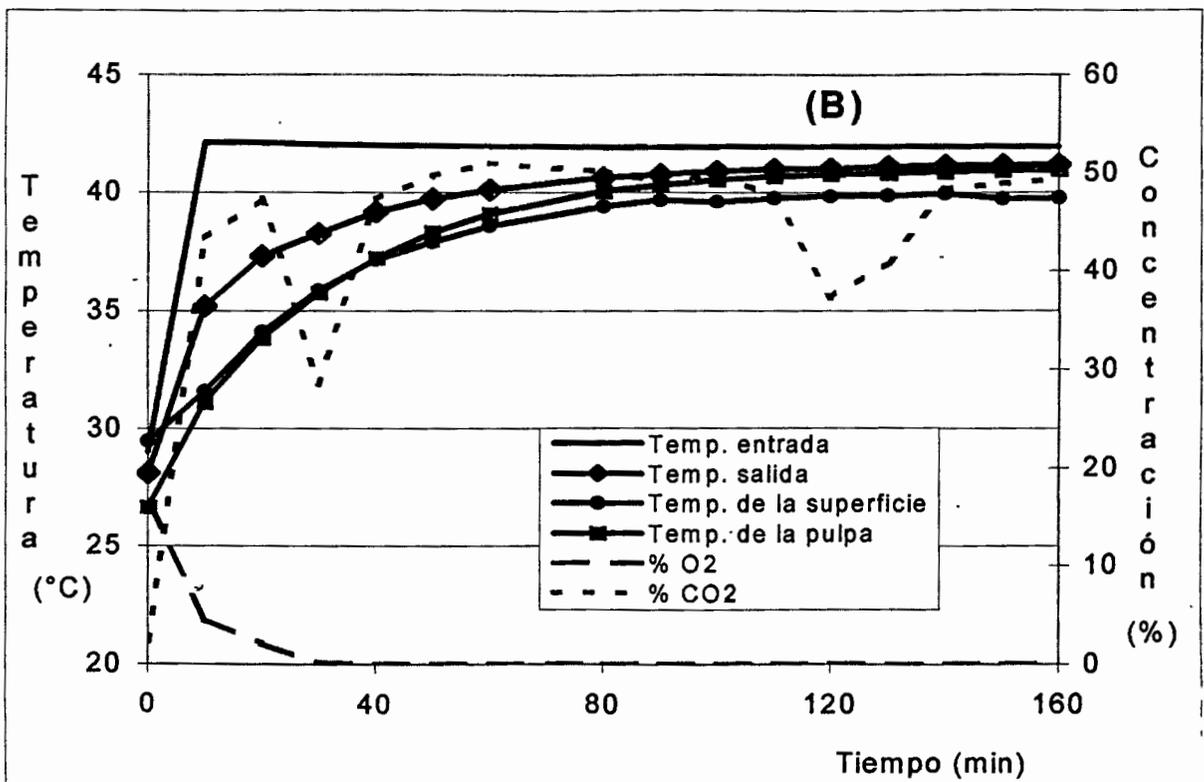
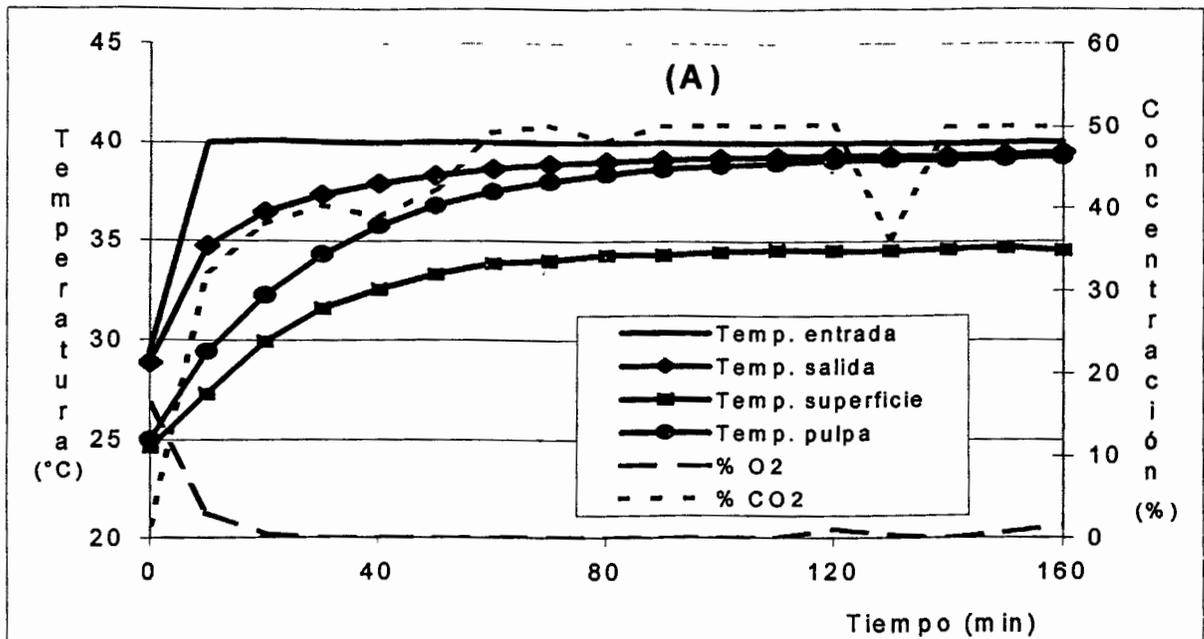


Figura 3.12 Evaluación de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a:(A) 40 y (B) 42°C por 160 min para el control de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila con infestación natural.

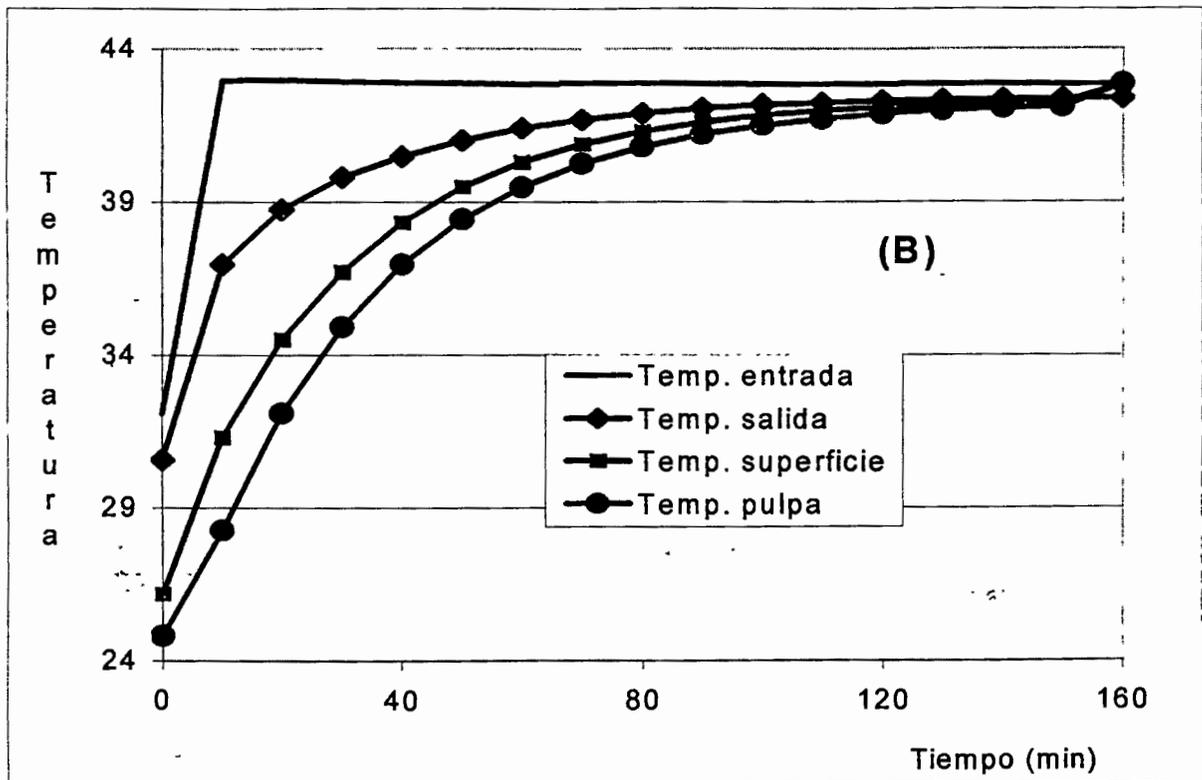
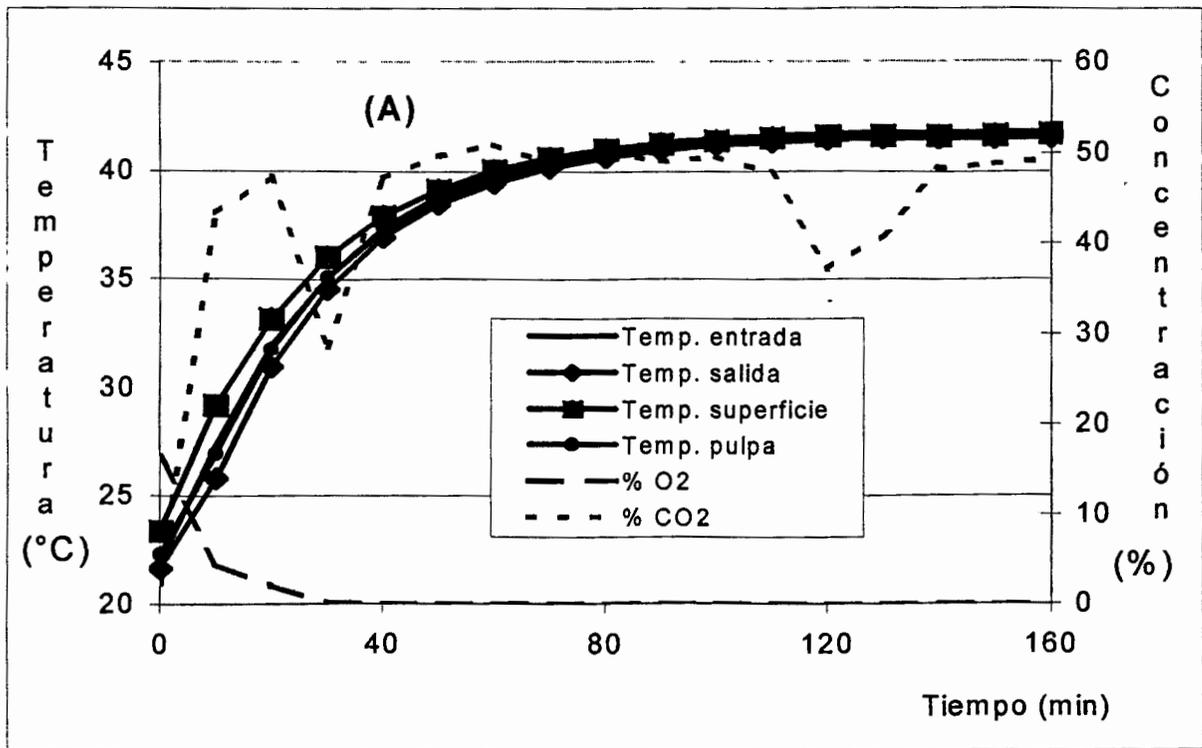


Figura 3.13. Evaluación de a: (A) 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> 43 y (B) Aire a 43°C por 160 de mango Manila con infestación natural min para el control de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos.

### III.5.2. Mortalidad de Larvas en Frutos Infestados Artificialmente.

La mortalidad de las larvas de tercer estadio de *A. obliqua* fue del 100% con la AC (0 % O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) a temperaturas  $\geq 35^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, hubo sobrevivientes de larvas de *A. ludens* a 35 y 39°C; cabe aclarar que en estas condiciones la temperatura no fue estable durante los 160 min de exposición (Fig. 3.1 y 3.2); pero, cuando las temperaturas fueron  $\geq 40^{\circ}\text{C}$  durante 160 min, la mortalidad fue del 100% para las dos especies (Cuadro 3.3).

Cuadro 3.3. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* con 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min en frutos de mango Manila infestados artificialmente.

Temperatura (°C)	Mortalidad Corregida (%)	
	<i>A. obliqua</i>	<i>A. ludens</i>
35	100	99.18
37	100	100
39	100	98.79
40	100	100
42	100	100
43	100	100
44	100	100
45	100	100
46	100	100
47	100	100
48	100	100
49	100	100

En el análisis probit de la respuesta de las larvas con la AC (0 % O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) a 35-43°C (Cuadro 3.4) se encontró un valor de la X<sup>2</sup> que es muy grande comparado con el valor de tablas 7.8; esto indicó que los datos no se ajustaron al modelo de una línea recta. Así mismo, la probabilidad debe ser mayor que 0.05 para que la X<sup>2</sup> sea significativa, por lo que los valores de TeL no son confiables.

Durante la realización de estos ensayos los niveles de sobrevivencia en los controles fueron bajos y muy variables, desde 8% para larvas de *A. obliqua* y del 30 al 90% de larvas de *A. ludens*, por lo que se decidió realizar las infestaciones de manera natural (Cuadros A.3.2 y A.3.3)

**III.5.3. Mortalidad de huevos y larvas en frutos infestados naturalmente.** Inicialmente se planteó realizar los experimentos con huevos con 48 h de desarrollo, sin embargo, como no

fue posible realizar las aplicaciones de los tratamientos hasta las 96-110 h después de la infestación, se consideró que los insectos estaban en su fase inicial de larvas de primer estadio.

Cuadro 3.4. Temperatura letal de larvas de *Anastrepha ludens* en frutos infestados artificialmente expuestos en 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 35–43°C por 160 min

Temperatura (°C) (Dosis x)	No de Insectos		Log Dosis	Probit
	Total (N)	Muertos (r)		
35	948	940	1.54	7.39149
39	988	976	1.59	7.25438
40	1891	1891	1.60	8.71908
42	911	910	1.62	8.71908
43	911	910	1.62	8.71908
35–43 °C				
	$\alpha$		-9.94	
	$\beta$		7.93	
	$X^2$		24.786	
	GL		3	
	$X^2_{\alpha=0.05} (3)$		7.8	
	Prob > $X^2$		0.0000	
	$\mu$		1.25	
	$\sigma$		0.126	
	TeL <sub>50</sub>		17.94°C	
	TeL <sub>99</sub>		35.26°C	
	TeL <sub>99.9968</sub>		225°C	

TeL. Temperatura Letal.

La mortalidad de larvas de primer estadio fue del 100% para las dos especies con la AC (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) a las temperaturas de 39–45°C por 160 min (Cuadro 3.5). El mismo porcentaje de mortalidad se obtuvo en frutos infestados con huevos y tratados 48 h después de la infestación, % cuando se aplicó la AC a las temperaturas de 39–43°C por 160 min (Cuadro 3.6) y presentaron sobrevivencia en la AC a 37°C por 160 min. Cuando los huevos fueron expuestos al aire seco forzado a 43°C también se alcanzó el 100% de mortalidad.

Los resultados de los experimentos *in vivo* con huevos de las dos especies fueron muy diferentes a los obtenidos en los ensayos *in vitro* en los cuales el 100% de mortalidad de huevos se alcanzó con la AC a 55°C por 240 min en *A. obliqua* y a 52°C en *A. ludens*. Estas variaciones se han reportado anteriormente, al determinar la mortalidad de larvas de *A. suspensa* a 43±0.05°C. Por lo tanto, debido a la variabilidad los estudios *in vitro* con

respecto a los *in vivo*, no pueden ser comparados entre sí; los primeros se utilizan para conocer la influencia de los factores sobre la mortalidad de los insectos y los últimos para precisar las dosis letales para los tratamientos cuarentenarios (Hallman, 1996).

Cuadro 3.5. Mortalidad de larvas\* de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila expuestos a 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> y diversas temperaturas por 160 min

Temperatura (°C)	Control		Tratados		Mortalidad (%) **
	No. de frutos	No. larvas <sup>a</sup>	No. frutos	No. larvas <sup>b</sup>	
<i>A. obliqua</i>					
45	31	1021	65	2141	100
44	31	1979	66	4213	100
43	31	2035	57	3742	100
42	29	1521	56	2937	100
40	26	1412	53	2878	100
39	26	1010	53	1373	100
<i>A. ludens</i>					
45	31	1332	65	2793	100
44	32	2770	64	5540	100
43	32	2381	53	3944	100
42	29	2453	56	4737	100
40	26	3644	53	7428	100
39	25	2237	56	5010	100

(a) Estimado. (b) Calculado a partir del estimado. \* Larvas de primer estadio. \*\* En frutos tratados

Cuadro 3.6. Mortalidad de huevos\* de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila expuestos a 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> y diversas temperaturas por 160 min

Temperatura (°C)	Control		Tratados		Mortalidad (%) **
	No. de frutos	No. larvas <sup>a</sup>	No. frutos	No. larvas <sup>b</sup>	
<i>A. obliqua</i>					
43	36	1076	69	2062	100
42	35	1115	69	2198	100
40	22	1017	52	2404	100
39	16	950	56	3325	100
37	19	1190	41	2568	98.8
Aire 43	19	1136	41	2451	100
<i>A. ludens</i>					
43	34	1130	70	2326	100
42	35	1486	69	2929	100
40	19	1185	53	3305	100
39	18	1254	55	3832	100
37	18	1334	44	3261	99.9
Aire 43	15	1558	42	4362	100

(a) Estimado (b) Calculado a partir del estimado \* Con 48 h de desarrollo, registrados como larvas \*\*En frutos tratados

Aún cuando se trata de atmósferas, insectos y sustratos diferentes puede considerarse que la eficiencia de la AC (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) a 40°C para controlar huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* fue semejante a la mostrada por la AC enriquecida de CO<sub>2</sub> (98%) combinada con calor ( $\geq 38^\circ\text{C}$ ) que incrementó la mortalidad de larvas de *Tribolium castaneum* (Herbst) (Soderstrom y col., 1992). Igualmente es semejante a la eficiencia obtenida con la AC (aire, 0% O<sub>2</sub> y 98% CO<sub>2</sub>) a 43°C que controló (97.6, 96.1 y 97.9% respectivamente) larvas de *Cydia pomonella* (L) en nueces, cuando la temperatura se mantuvo durante 1 h. (Soderstrom y col. 1996).

Los altos porcentajes de mortalidad obtenidos con la combinación de la AC (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) y la temperatura de 40°C por 160 min puede atribuirse por un lado a la influencia que la AC tiene tanto sobre el fruto como en el insecto. Es probable que en el fruto se hayan generado metabolitos tóxicos para la larva, producidos por las condiciones de anaerobiosis, como pueden ser los volátiles de la vía anaeróbica como etanol, acetaldehído, acetato de etilo y otros. Posiblemente, la concentración de dichos compuestos sobrepasó los umbrales tolerables para el insecto y los efectos letales pudieron ser mayores tanto al incrementarse la concentración de ellos en el fruto y en el insecto mismo, como por la aceleración del metabolismo del insecto debido a la temperatura. (Yahia y Tiznado, 1993; Ke y col., 1994; Ke y col., 1995; Stewart y col. 1980; Aharoni y col., 1979; Hartsell y col., 1981; Leal y Barbancho, 1992; Rohitha y col., 1993).

El porcentaje de mortalidad logrado con la combinación de aire a 43°C por 160 min es semejante al alcanzado en toronjas infestadas con larvas de tercer estadio de *A. suspensa* sumergidas en agua caliente a 43.3-43.7°C por 252 min y donde se recomendó que la temperatura del centro del fruto permaneciera a 43.3°C por 50 min (Hallman y col., 1990). En el caso de los frutos de mango infestados de este trabajo, la temperatura de la superficie del fruto fue de 41.6 – 42.8°C por 81 min y en la pulpa cerca de la semilla fue de 41.6– 42.8°C por 57 min (Fig. 3.13 B). Además, el resultado de este tratamiento probablemente se debió a la influencia de otros factores como la densidad larval, el tipo de sustrato, y al tamaño del fruto; en relación a este último factor, los frutos tuvieron peso promedio de 181±32.5 y 187±46g, que es menor que el de los frutos sobre los que se han controlado a otras especies de *Anastrepha* con tratamiento hidrotérmico o el aire seco forzado (46.1 y 48°C respectivamente) y cuyos tamaños han sido de 800-400g (tamaños 8-12) (Sharp, 1986;

Sharp y col., 1988; Mangan e Ingle, 1992; Hansen 1992; Heather y col. 1996; Hansen y Sharp, 1997).

El porcentaje de mortalidad (100%) que se obtuvo en este trabajo mostró que la AC (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) a temperaturas  $\geq 40^{\circ}\text{C}$  por 160 min tiene como característica principal la efectividad alta. Esto es importante, ya que las temperaturas de  $40^{\circ}\text{C}$  son condiciones más suaves que las utilizadas en los sistemas cuarentenarios autorizados actualmente, como son  $46.1^{\circ}\text{C}$  para el sistema hidrotérmico y  $48^{\circ}\text{C}$  para el aire seco forzado (Sharp, 1986 y Mangan e Ingle, 1992) y que dichas condiciones que podrían ser toleradas por frutos y hortalizas de igual o mayor sensibilidad que el mango Manila.

Por lo tanto, se puede considerar que la combinación de la AC (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) a  $40^{\circ}\text{C}$  se debe evaluar para determinar el menor tiempo de aplicación y realizar las pruebas confirmatorias como una alternativa para un sistema cuarentenario que permita controlar larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila infestados naturalmente.

### III.6. CONCLUSION.

La combinación de la AC (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) a temperaturas  $\geq 40^{\circ}\text{C}$  por 160 min proporcionan el 100% de mortalidad de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila.

## CAPITULO IV.

### CALIDAD DE FRUTOS DE MANGO 'MANILA' EXPUESTOS A ATMOSFERAS CONTROLADAS Y TEMPERATURA ALTA

#### RESUMEN.

Se desarrollaron ensayos con el objetivo de evaluar la calidad del fruto de mango Manila expuesto a la combinación de la atmósfera controlada (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) a temperatura alta por 160 min. Frutos de mango Manila fisiológicamente maduros fueron seleccionados por tamaño, se pesaron y se dividieron en lotes para tener una muestra de referencia, un control y un lote para ser sometidos a la combinación de la AC temperaturas de 40, 42-49°C por 160 min, la muestra de referencia se analizó el día del tratamiento y los frutos tratados se enfriaron a temperatura ambiente y se almacenaron por 10 y 20 días a 10°C. La calidad se determinó por medio de las variables de grado de daño por escaldado, pérdida fisiológica de peso, firmeza, color externo e interno y se aplicó el análisis de varianza. Los frutos expuestos a la AC a temperaturas de 40, 42 y 43°C fueron los que tuvieron las características de calidad semejantes al control, los frutos tratados a 43°C tuvieron mayor firmeza y fueron estadísticamente iguales al control. Los frutos tratados a temperaturas mayores que 44°C presentaron daños por escaldado. Se concluyó que la combinación de la AC a 43°C por 160 min puede ser usada como sistema cuarentenario sin causar daños al fruto.

#### IV. 1. INTRODUCCION.

Un sistema cuarentenario tiene como requisitos ser efectivo contra la plaga y mantener la calidad del producto infestado. La efectividad de la combinación de la atmósfera (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) a temperatura  $\geq 40^{\circ}\text{C}$  por 160 min, para el control de larvas de *A obliqua* y *A. ludens* en mango Manila infestado artificialmente se demostró en el Capítulo III.

En lo que se refiere a la calidad, se ha reportado que el fruto de mango Keitt es tolerante a la exposición a atmósferas controladas (AC) de baja concentración de oxígeno (0.2% - 0.3% con balance de N<sub>2</sub>) a temperatura ambiente por 0 - 5 días, sin alterar la calidad organoléptica (Yahia y Tiznado 1993). El mango Keitt fue expuesto a AC insecticidas por 0-4 días a 20°C y aún cuando hubo cambios enzimáticos el fruto no sufrió daños, maduró

normalmente y en una evaluación sensorial no se percibieron olores ni sabores extraños (Yahia y Vázquez-Moreno, 1993).

Por otro lado, el fruto de mango se ha clasificado como tolerante al calor y en los sistemas cuarentenarios autorizados los frutos no sufren daños de calidad (Sharp, 1986, Mangan e Ingle, 1992). Particularmente para mango Manila se determinó que al exponerlo a temperaturas de 44 a 48°C por 160 min no sufrieron daño (Yahia y col., 1996).

## IV.2. REVISION DE LITERATURA.

IV.2.1. Aspectos Fisiológicos de Desarrollo del Fruto de Mango. El mango es un fruto carnoso, cuya parte comestible es morfológicamente, el mesocarpio desarrollado y puede ser mono o poliembriónico; la variedad Manila es de los mangos poliembriónicos. En el contexto de la postcosecha el mango se clasifica con base en los cambios de sus características físicas, químicas y fisiológicas como climatérico y se presentan las etapas preclimatérica, climatérica y senescencia; se denomina fruto cuando incrementa de tamaño, que generalmente se incluye al menos la mitad del intervalo entre la floración y la cosecha. La maduración es la fase donde el fruto completa su desarrollo y ya no incrementa su tamaño. El desarrollo y la madurez fisiológica solo pueden ocurrir cuando el fruto se encuentra unido a la planta, pero la madurez comestible y la senescencia ocurren aún cuando el fruto no esté unido a ella (Kays, 1991).

El desarrollo de ciertas funciones de la planta como la madurez, senescencia, etc. están correlacionadas con el etileno; que además coordina la respuesta del fruto a las condiciones adversas, tanto por daño mecánico como por daño por frío. Su producción es regulada por diversos factores ambientales y de desarrollo (Wills y col., 1989; King y O'Donoghue, 1995).

En la etapa de maduración se presentan la madurez comestible ("ripening") y la senescencia. En la primera etapa, que es un proceso endógenamente controlado (autocatalítico) e irreversible, se presenta un cambio de las pectinas y se incrementa la actividad de la poligalacturonasa, que se correlaciona con la pérdida de firmeza (Roe y Bruemmer, 1981).

Fisiológicamente un fruto es el desarrollo del tejido que sostiene el óvulo de la planta e incluye a diferentes órganos como el eje floral de la piña, el receptáculo de la fresa y la manzana, el siconio del higo. Las etapas de desarrollo son: El prendimiento del fruto, el crecimiento, la madurez fisiológica, la madurez comestible (ripening) y el envejecimiento

(senescencia). Los aspectos metabólicos que se presentan durante la maduración comestible son la síntesis de proteínas, la producción de etileno, la hidrólisis del almidón, glicólisis, fosforilación y la respuesta mitocondrial (John y Dey, 1986).

IV.2.2. Efecto de la Temperatura sobre el fruto. La temperatura tiene una importancia crítica para el metabolismo celular y es ligeramente mayor en el producto que en el ambiente, esto se debe a la liberación del calor metabólico, que aún cuando sea una cantidad pequeña, tiene un efecto sobre la conservación del balance de la humedad del producto. La respuesta del fruto a las temperaturas altas puede considerarse desde el punto de vista fisiológico y bioquímico. La severidad del daño causado al fruto por una temperatura elevada está determinado por la relación entre la temperatura y el tiempo de exposición, otro factor del daño es la rapidez del cambio en la temperatura. Sin embargo, aún cuando se conocen los indicadores, los mecanismos de los efectos del calor y sus implicaciones en los frutos aún no son muy claras (Paull, 1990).

En frutos de pera 'Bartlett' expuestos a temperaturas altas (40°C y 50°C) con aire forzado, la tasa respiratoria disminuyó rápidamente a los 6 y 3 días respectivamente; después de 48 h la fruta tratada con 50°C presentó severo escaldado y los espacios intracelulares de la pulpa mostraron una consistencia aguada ("waterlogging"). La concentración interna de O<sub>2</sub> disminuyó ligeramente al aumentar la temperatura de exposición a 30, 40 y 50°C (Maxie y col., 1974).

Los daños al metabolismo por temperaturas altas se inician con la desnaturalización de proteínas y enzimas. No solo se disminuye o se pierde la funcionalidad de dichas enzimas, sino que también pueden ocurrir cambios conformacionales de las proteínas. Lo anterior puede llevar a la pérdida de funcionalidad de la membrana, descompartimentalización de sustratos y de enzimas, que finalmente llevan a la muerte celular. Estos procesos no han sido estudiados intensivamente porque las temperaturas altas no son consideradas como usuales para las frutas y hortalizas. Sin embargo, durante el manejo postcosecha las temperaturas pueden llegar a ser mayores de 30-40°C por algunas horas (Marangoni y col., 1996)

La síntesis del etileno es sensible al efecto de las temperaturas altas. En tejido de manzana y frijol mungo (*Vigna radiata* L. Wilzeck.) se determinó que 30°C es la temperatura óptima para obtener la máxima producción de etileno; cuando la temperatura se

incrementó a 35°C se causó una acumulación endógena del 1-aminociclopropano ácido carboxílico y la producción de etileno se redujo significativamente. Esta inhibición es reversible ya que la enzima formadora de etileno es relativamente sensible al calor y recupera su actividad después de retirar los frutos del calor como en papaya, manzana y melón (Yu y col., 1980; Klein y Lurie, 1990; Paull y Chen, 1990).

La pérdida de la integridad de la membrana por el calor es gradual y con cierta reversibilidad y capacidad de recuperación, hasta que se alcanza la temperatura letal. Temperaturas menores que la letal pueden causar la interrupción de la transcripción y traducción en la síntesis de proteínas. La mayoría de las teorías de la pérdida de la integridad de la membrana involucran la desnaturalización e interrupción de la síntesis de proteínas (Paull, 1990; Paull y Chen, 1990).

Una corta exposición, cerca de la temperatura letal para el producto, es una situación crítica relacionada con la capacidad del fruto para sobrevivir y recuperarse. La ventaja del uso de calor es la adquisición de termotolerancia al exponerlos por un breve período a altas temperaturas, ya sea por la reducción de la tasa metabólica o por el incremento en la transpiración, entre otros. Los cambios en la tolerancia se deben a la variación de su composición química o al contenido de humedad, principalmente se sintetizan nuevos grupos de proteínas, llamadas proteínas de choque térmico (PCT) mientras se reprime la síntesis de las proteínas normales. Las desventajas son la falta del desarrollo normal de la pigmentación, el ablandamiento, una marcada disminución de la síntesis del etileno y de la tasa de respiración (Paull y Armstrong, 1994).

La termotolerancia depende del cultivar, el tamaño y la madurez del fruto y del manejo postcosecha; por lo tanto, es difícil establecer una clasificación de los frutos por su termotolerancia. Sin embargo, a pesar de que el efecto de la exposición al calor no ha sido completamente investigado, con base en la respuesta del fruto a la exposición al calor en postcosecha, los frutos han sido agrupados como tolerantes y sensibles al calor (Paull, 1990).

La aplicación de temperaturas altas (38-42°C) inducen la producción de proteínas de choque térmico (PCT), cuyo papel aún no es claro. Las PCT se producen cuando la temperatura se aumenta lentamente y son producidas 30 min después de la exposición a las altas temperaturas, las cuales proporcionan una protección térmica a un subsecuente choque

térmico, que de otra manera sería letal. Aparentemente, hay una síntesis rápida de los ARNm, para que esas proteínas puedan ser detectadas de 3 a 10 min después de la exposición a altas temperaturas (Johnston y Kucey, 1988; Yost y Lindquist, 1988 y Paull, 1990).

Los tratamientos con calor proveen un buen control contra plagas y enfermedades, sin embargo la desventaja principal son los daños potenciales al fruto y la variabilidad de la respuesta. Algunos tratamientos pueden mejorar la calidad del fruto. Las temperaturas letales para los insectos ocasionan una situación de crisis que afecta al fruto dependiendo de su capacidad para recuperarse y sobrevivir y las exposiciones largas causan la muerte. La termotolerancia depende del desarrollo de las proteínas de choque térmico que son sintetizadas por el fruto en exposiciones de 30 min a temperaturas de 34-42°C (Paull, 1994).

En lo que se refiere a la maduración, los frutos se han clasificado en sensibles y tolerantes al calor, particularmente al agua caliente. Como sensibles se tienen los duraznos (*Prunus persica* L.), frambuesas (*Rubus idaeus* L.), pimientos (*Capsicum annum* L.) y melón (*Cucumis melo* L.) y los termotolerantes son la papaya (*Carica papaya* L.), plátano (*Musa acuminata* L.), mango (*Mangifera indica* L.) y pera (*Prunus comunis* L.). La termotolerancia puede variar con el cultivar, tamaño del fruto, madurez y manejo postcosecha, la interrupción de la madurez se caracteriza por el desarrollo anormal de la pigmentación (color), ablandamiento y la disminución de la producción de etileno (Paull, 1994). Las temperaturas extremas solo son toleradas por poco tiempo y dependen del producto; por ejemplo, la temperatura letal del tomate es de 45°C y para manzana es de 49-52°C (Couey, 1989; Paull, 1990).

Las peras calentadas a 40°C inhibieron su maduración; la producción y la sensibilidad al etileno fueron completamente detenidas, a 40 y 55°C disminuyó la tasa de respiración y se recuperaron cuando fueron tratadas con etileno (Maxie y col., 1974).

Las manzanas recién cosechadas, tratadas a 48°C por 4 días y después colocadas a 20°C por 7-10 días sintetizaron proteínas, produjeron etileno y el ablandamiento fue reversiblemente inhibido y maduraron normal aunque más lentamente que las frutas no tratadas. La respiración, la permeabilidad de la membrana y la decoloración de la clorofila en la fruta pelada fue aumentada (Klein y Lurie 1990).

IV.2.2.1. Termotolerancia del Fruto de Mango. En los frutos de mango Tommy Atkins tratados con aire forzado a 51.5°C por 125 min (internamente 43.5°C por 20 min), fueron almacenados a 12°C por 1,2 ó 3 semanas, al final de las cuales, los daños causados previamente durante la cosecha se hicieron más evidentes, los frutos presentaron decoloración y escaldado que no se observó en las frutas no tratadas y alcanzaron el ablandamiento antes que los no tratados (Miller y col., 1991).

La exposición del fruto de mango al calor tiene efecto en la tasa de respiración, la atmósfera interna y la acumulación de acetaldehído y etanol. El mango Keitt tratado con vapor caliente a 46 y 48°C por 4 y 5 h respectivamente, al recuperar la temperatura ambiente presentó una disminución en la tasa de respiración, lo que indicó un daño en el mecanismo de la respiración; otra respuesta fue el incremento en el contenido de acetaldehído y etanol 3h después de retirarlos del calor, lo que se relacionó con un incremento en la incidencia de la degradación interna, al interrumpirse el mecanismo de la maduración. Este comportamiento se atribuyó a la inhibición de la maduración, como se ha demostrado en tomate (Mitcham y McDonald, 1993).

Frutos de mango Tommy Atkins recién cosechados, tratados con aire seco forzado por 125 min y almacenados por 1, 2 y 3 semanas a 12°C, presentaron la concentración de los sólidos solubles similares entre sí, maduraron un día después, tuvieron menor incidencia de antracnosis que los no tratados y las trazas de daños no afectaron la preferencia del consumidor (Miller y col., 1991).

Los frutos de mango Tommy Atkins y Keitt sometidos a condiciones hidrotérmicas de 46.1°C por 45 min no manifestaron toxicidad y en 46.1-46.7°C por 75 min no mostraron daños visibles ni marchitamiento (Sharp, 1986).

Al exponer frutos de mango Keitt al vapor caliente (46 y 48°C) por 3 y 4 h respectivamente, el efecto sobre la fisiología del fruto se manifestó con la alteración de la atmósfera interna del fruto; se disminuyó la concentración de O<sub>2</sub> y se aumentó la de CO<sub>2</sub>, 6 h después de la exposición se recuperó la concentración de O<sub>2</sub> y la de CO<sub>2</sub> permaneció elevada. Se incrementó la concentración de acetaldehído y etanol que permanecieron elevadas y se incrementó la degradación interna al interrumpirse el metabolismo de maduración (Mitcham y McDonald, 1993).

IV.2.3. Efecto de las Atmósferas Controladas sobre el fruto. Cuando las frutas y hortalizas se exponen a las AM o AC se alteran los procesos normales del fruto como la respiración, la producción de etileno, la permeabilidad a los gases y las presiones parciales dentro y fuera del fruto. Esta respuesta depende de diversos factores (concentración de los gases, tiempo de exposición, naturaleza del fruto, etc.) y los indicadores de los cambios metabólicos son los cambios de color, sabor, textura, decoloración, etc.(Yahia, 1995b).

El control de la maduración y la senescencia, la acción fungistática, el control de insectos y el control de desórdenes fisiológicos como daño por frío son las ventajas del uso de las AM y AC. La desventaja que tiene el uso de AC es que puede causar la pérdida del producto por un uso inadecuado, por la respiración anaeróbica y la fermentación; además causan la disminución de sabores y aromas característicos, se aumenta la sensibilidad del fruto al ataque de patógenos y se puede presentar maduración anormal (Ke y col., 1991; Yahia, 1995a).

La exposición de frutos a atmósferas de baja concentración de  $O_2$  retarda la maduración, incluyendo la reducción de la tasa de producción de etileno, retarda el cambio de color de la piel y el ablandamiento de la pulpa y mantiene la acidez titulable. La fruta puede tener una buena apariencia pero un mal sabor; por lo tanto, la tolerancia de la fruta a atmósferas de bajas concentraciones de  $O_2$  por corto tiempo, puede ser limitada por la presencia de sabores extraños (Ke y col., 1990, Ke y col., 1991).

Los bajos niveles de  $O_2$  disminuyen la síntesis y la acción del etileno, mientras que los altos niveles de  $CO_2$  inhiben competitivamente la acción del etileno. La combinación de ambos disminuye la velocidad de respiración, la síntesis del etileno y la sensibilidad del producto a la acción del etileno; por lo tanto, controlan la maduración y la senescencia de tejidos vegetales (Sherman, 1985; Yahia, 1995a).

Las bajas concentraciones de  $O_2$  (<1%) influyen principalmente, sobre el metabolismo respiratorio del fruto y de éste depende su potencial como tratamiento cuarentenario. En peras se ha encontrado una relación entre el envejecimiento fisiológico de la fruta y el menor coeficiente de difusión del oxígeno y de éste con la respiración. Estas relaciones se determinaron con el punto de compensación anaeróbico (PCA) definido como

la concentración de oxígeno en la cual la evolución de CO<sub>2</sub> es mínima; dicho PCA se desplaza a las mínimas concentraciones de O<sub>2</sub> donde se acumula etanol (Boersig y col., 1988).

El aumento de la concentración de dióxido de carbono disminuye la respiración, aunque no de manera permanente, ya que al regresar a la atmósfera aeróbica, la respiración se vuelve normal (Knee, 1973).

Las atmósferas enriquecidas de CO<sub>2</sub> causan la disminución de la respiración de los frutos climatéricos, disminuyeron la concentración de etileno en duraznos, tomates y brócoli y lo incrementan en plátano, lo que se atribuye al efecto del CO<sub>2</sub> en la acción y/o síntesis del etileno (Kubo y col., 1990).

La aplicación de condiciones atmosféricas críticas en frutas preclimatéricas y climatéricas, indicaron que éstas últimas son menos susceptibles al daño por CO<sub>2</sub>. Existe una relación entre el tipo de condiciones y su duración con el estado fisiológico de la fruta y la capacidad restaurativa de su mitocondria (Moriguchi y Romani, 1995).

En plátano maduro expuesto a 60% de CO<sub>2</sub>, la velocidad respiratoria aumentó, para después disminuir 74 veces y la producción de etileno se incrementó en aproximadamente 10 veces (Kubo y col., 1990).

El almacenamiento de fresas en 20% de CO<sub>2</sub> a 0°C, por 2 días mantuvo la firmeza del fruto y no hubo efecto sobre el aroma y el sabor; a los 3 días de almacenamiento se acumuló etanol y hexanoato de etilo, que después de la exposición al aire se eliminaron. También se acumularon butanoato de etilo y acetato de etilo, que se incrementaron a los 6 y 9 días, respectivamente. En general, el fruto de fresa puede ser tratado con CO<sub>2</sub> y almacenado a 0°C y así se mantiene la firmeza con la mínima presencia de aromas indeseables (Larsen y Watkins, 1995).

La respuesta metabólica de los frutos a AM y/o AC (0.25 % O<sub>2</sub> + 35 % CO<sub>2</sub>; 0.21 % O<sub>2</sub> + 99 % CO<sub>2</sub>) depende del tamaño del fruto. En duraznos y nectarinas expuestas a bajas concentraciones de O<sub>2</sub> y/o altas de CO<sub>2</sub>, la fruta de mayor tamaño y de madurez más avanzada tuvo una mayor tasa de respiración y de acumulación de volátiles anaeróbicos, que parcialmente contribuyeron a una menor tolerancia a estas atmósferas (Ke y col., 1994).

Las atmósferas hipóxicas de N<sub>2</sub> (O<sub>2</sub> < 2%) y CO<sub>2</sub> (O<sub>2</sub> < 5%) y acetaldehído causaron cambios composicionales en naranja después de 8-24 h de almacenamiento, los cambios

fueron más pronunciados en las condiciones creadas por el N<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub> que por el acetaldehído y los incrementos más significativos fueron el acetaldehído, acetato de etilo, butirato de etilo y etanol en los tratamientos de las atmósferas de N<sub>2</sub> o de CO<sub>2</sub> (Shaw y col., 1991).

Bajos niveles de O<sub>2</sub> y altas concentraciones de CO<sub>2</sub> tienen efectos en la membrana y su capacidad para regular o retrasar la senescencia; además retardan los cambios en los niveles de fosfolípidos y esteroides libres e impiden cualquier pérdida de fluidez de la membrana. Los altos niveles de CO<sub>2</sub> han sido asociados con el desplazamiento de la respiración aeróbica a glicólisis y las bajas concentraciones afectan específicamente a las enzimas del metabolismo respiratorio (Marangoni y col., 1996).

En los duraznos y las nectarinas cuando fueron expuestos a 0.21% O<sub>2</sub> + 99% CO<sub>2</sub> a 0°C por 5 días, no se alteraron la concentración de los sólidos solubles, el pH, la acidez titulable y la vitamina C, toleraron las atmósferas insecticidas y la acumulación del acetaldehído (Ke y col., 1994).

La aplicación de atmósferas de muy baja concentración de oxígeno ( $\leq 0.5\%$ ) y/o muy altas concentraciones de CO<sub>2</sub> ( $\geq 50\%$ ) por hasta 5 días a 20°C no causó daños a la fruta de mango var Keitt, no disminuyó su calidad y el fruto maduró normalmente (Yahia y Tiznado 1993; Yahia y Vazquez-Moreno 1993).

La exposición del fruto de mango a condiciones de anaerobiósis retarda la maduración, debido a la generación del acetaldehído y/o etanol que inhiben directamente la enzima ACC oxidasa, por lo que inhibe la producción de etileno. El efecto del acetaldehído y del etanol producidos por anaerobiósis es mayor; ya que la aplicación del acetaldehído solo actúa en las partes externas de la pulpa (Burdon y col., 1996).

IV.2.4. Tolerancia de las frutas a AM y AC. El límite de la tolerancia de la fruta a las atmósferas insecticidas está altamente correlacionado con una baja concentración de oxígeno; se ha encontrado que a una temperatura relativamente alta, la tasa de respiración y la resistencia del fruto a la difusión de un gas, reduce la tolerancia de dicho fruto a atmósferas bajas de oxígeno y concentraciones relativamente altas de oxígeno incrementan la tolerancia de la fruta (Kader y Ke, 1994).

Las frutas se adaptan a la hipoxia de manera exitosa cuando se han definido los tiempos y la temperatura apropiados que facilitan el almacenamiento y limitan el avance de

la senescencia, para lo cual se limitan la respiración y disminuye la síntesis de proteínas asociadas con la maduración. Las consecuencias metabólicas de la disminución de la respiración y del incremento de la fermentación son la caída de la carga energética, la acidificación citoplasmática, la activación de la glicólisis y la acumulación de los productos finales de la glicólisis (Chervin y col., 1996).

La tolerancia de los frutos a la hipoxia (0.25% de O<sub>2</sub> a 20°C por 96 h) puede ser definida con la actividad enzimática, la cual es utilizada como índice para definir el nivel de daño hipóxico inducido, ya sea reparable o no. Las enzimas más adecuadas son: succinato deshidrogenasa (SDH), piruvato-quinasa (PK) y fosfoenolpiruvato carboxiquinasa (PEPCK), que son las que sufren cambios cuando el fruto o un cultivo de células son expuestas a cortas o largas exposiciones hipóxicas. La actividad de la SDH se incrementa, mientras la PK disminuye por una reducción parcial de la operación del ciclo de los ácidos tricarboxílicos; la PEPCK se incrementa para incrementar los niveles de ácido oxaloacético (Nanos y col., 1994).

IV.2.5. Efecto de la Combinación sobre el fruto. Los cambios fisiológicos de los frutos a los tratamientos con calor, particularmente los combinados con otro factor, aún no son bien comprendidos (Paull, 1994).

La exposición de kiwi (*Actinidia deliciosa*, var. *deliciosa*) cv 'Hayward' a la combinación de 0.4% O<sub>2</sub> + 20%CO<sub>2</sub> a 40°C por 7 h seguidos de hidrogenfriamiento, para controlar *Tetranychus urticae*, no pareció afectar la calidad del fruto sin embargo, se presentó una disminución de la firmeza de la pulpa. Los estudios preliminares indicaron que con algunas modificaciones de las AC y la temperatura el riesgo de daño y el efecto de la firmeza pueden ser reducidos sin comprometer el efecto de control contra la plaga (Lay-Yee y Whiting, 1996).

### **IV.3. HIPOTESIS Y OBJETIVO.**

#### **IV.3.1. Hipótesis.**

La exposición de frutos de mango Manila a la combinación de la AC (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) a temperatura alta por 160 min no afecta la calidad del fruto.

#### **IV.3.2. Objetivo.**

Evaluar la calidad del fruto de mango Manila expuesto a la combinación de la atmósfera controlada (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) a temperaturas altas por 160 min.

## IV.4. MATERIALES Y METODOS

### IV.4.1. Materiales

IV.4.1.1. Equipo. El equipo utilizado fue la cámara de AC descrita en el Capítulo 1

### IV.4.2. Material Biológico

IV.4.2.1. Frutos. Los frutos de Mango Manila fueron proporcionados por el Campo Experimental Cotaxtla (INIFAP-SAGAR), establecido en el estado de Veracruz.

### IV.4.3. Métodos.

IV.4.3.1. Registro de Condiciones Ambientales en la Cámara. Los registros de temperatura y concentración de los gases se efectuó como se describió en el Capítulo 1.

IV.4.3.2. Manejo de Muestras. Los frutos se cosecharon cuando presentaron la madurez fisiológica. Se trasladaron al laboratorio y se almacenaron a 10°C por 24 h, después se retiraron y se les permitió que alcanzaran la temperatura ambiente. Los frutos se lavaron, se seleccionaron por tamaño y se distribuyeron equitativamente en lotes.

IV.4.3. Calidad de Frutos. Lotes de 30 frutos se pesaron ( $188.46 \pm 2.9$  g) (Cuadro A.4.1) y se sometieron a los tratamientos y se enfriaron en agua a temperatura ambiente por media hora. Otro lote de 30 frutos que no fue expuesto a los tratamientos se consideró como control. Los dos lotes de frutos se almacenaron a 10°C y se tomaron muestras de 15 frutos a los 10 y 20 días de almacenamiento. En cada muestreo, los frutos se sacaron de la cámara de enfriamiento, se les permitió que alcanzaran la temperatura ambiente y se determinaron las variables de respuesta.

IV.4.4. Análisis Estadístico. Se evaluó la calidad de frutos de mango 'Manila' expuestos a la combinación de la AC (0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>) a temperaturas de 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48 y 49°C por 160 min. La calidad se determinó por medio de las variables de peso perdido (PP) con el uso de una balanza granataria electrónica Sartorius; daños causados por el tratamiento (escaldado) determinados de manera subjetiva, con una escala de 9 grados que equivalen a: 1=0% de daño, 2 = 1 al 15, 3 = 16 al 25%, 4 = del 16 al 38%, 5 = 39 al 50 %, 6 = 51 al 63%, 7 = 64 al 75%, 8 = 76 al 88% y 9 = 89 al 100%; firmeza (Newtons) evaluada por medio del texturómetro modelo TA-XT2 operado con un sistema computacional XTRAD y color externo e interno (L, a y b) con el colorímetro Hunter Lab modelo D25 con sensor óptico.

El porcentaje de peso perdido se calculó por la diferencia de peso entre el peso inicial menos el peso presentado a los 10 ó 20 días de almacenamiento dividido entre el peso inicial y multiplicado por 100. El color ( $C^*$ ) y el matiz ( $h^\circ$ ) calculados por:  $C^* = [(a + b)^{1/2}]$  y  $h^\circ = \text{arcotang}(a/b)$ , respectivamente (McGuire, 1992).

Los datos se sometieron al análisis de varianza uni y multifactorial en un diseño de localidades (tiempo de almacenamiento) por factor (temperatura) y se efectuó la separación de medias por medio de la Prueba de Tukey. El grado de daño de los frutos se analizó gráficamente.

## VI.5. RESULTADOS Y DISCUSION

**IV.5.1. Condiciones Ambientales de la Cámara de Atmósferas Controladas.** Los perfiles de concentración de los gases y las temperaturas de entrada y salida a la cámara, así como en la superficie del fruto y en la pulpa cerca del hueso se presentaron en el Capítulo III (Figs 3.1 - 3.7).

**IV.5.2. Daños.** En las dos fechas de almacenamiento no se presentaron daños por escaldado en los frutos tratados a 40, 42 y 43°C (Fig. 4.1 A y B). En los frutos expuestos a 44 y 45°C presentaron daños de los grados del 1 al 5 y al aumentar la temperatura, aumentó el número de frutos con mayor grado de daño.

**IV.5.3. Pérdida de Peso.** El porcentaje de la pérdida de peso (Cuadro 4.1) de los frutos expuestos a AC con las diferentes temperaturas, fue menor que el porcentaje perdido por los frutos de los controles, tanto a los 10 como a los 20 días de almacenamiento. La separación de medias del porcentaje de peso perdido (Cuadro 4.2) en la primera fecha de muestreo (10 días de almacenamiento), lo que indicó que los frutos expuestos a los tratamientos de las temperaturas de 40, 42 y 43°C tuvieron mayor porcentaje de peso perdido que el control sin tratar; sin embargo las medias fueron estadísticamente iguales y la significancia estadística se atribuyó a la separación de estos tratamientos con el de la temperatura de 45°C. Estos resultados también se obtuvieron en la segunda fecha de almacenamiento (20 días) y en el análisis multifactorial por temperatura. En la interacción de temperatura con la fecha de almacenamiento el mayor porcentaje de peso perdido lo mostraron los frutos de los tratamientos 42 - 44°C a los 20 días y los de menor porcentaje

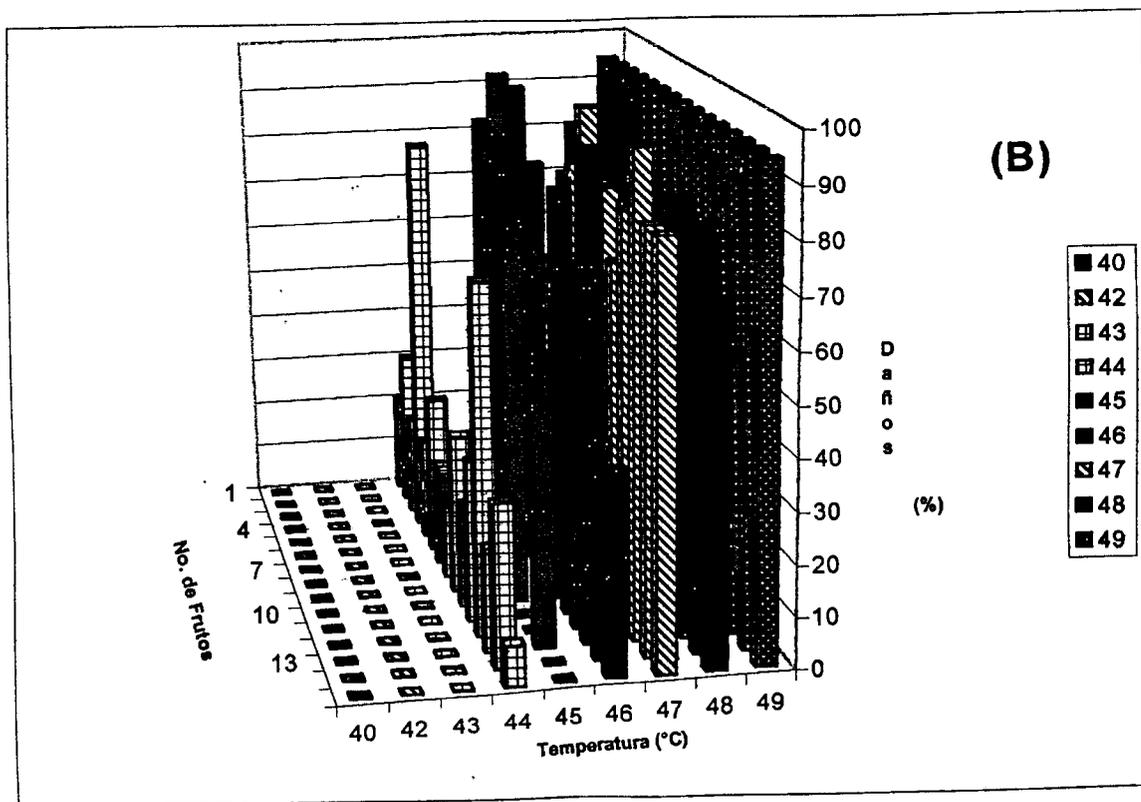
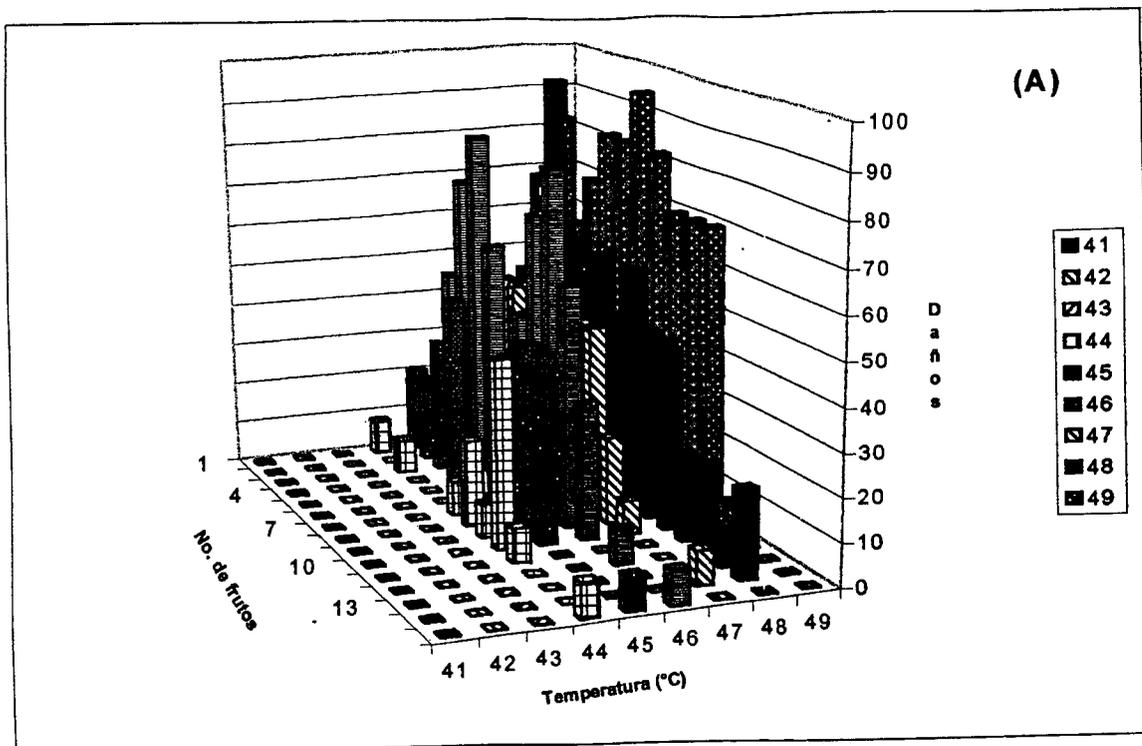


Figura 4.1. Grado de daño por quemaduras en frutos de mango Manila expuestos a 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 40, 42-49°C por 160 min. almacenados a 10°C por (A) 10 días y (B) 20 días.

Cuadro 4.1. Peso perdido (%) en frutos de mango Manila expuestos a 0%O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> diversas temperaturas por 160 min y almacenados durante 10 y 20 días a 10°C.

Temp (°C)	Ref. Prom	10 días		20 días	
		Control	Tratados	Control	Tratados
40	189.17	12.19 (±0.69.)	9.99 (±0.38)	12.92 (±0.061)	11.75 (±0.38)
42	189.17	13.68 (±0.78)	8.87 (±0.47)	13.05 (±0.4)	9.88 (±0.36)
43	186.09	12.96 (±0.95.)	9.59 (±0.48.)	13.29 (±0.83)	11.27 (±0.48)
44	188.56	12.85 (±0.96)	8.69 (±0.53)	17.06 (±0.84)	8.61 (±0.51)
45	193.74	12.1 (±0.55)	7.29 (±0.46)	13.03 (±0.32.)	7.89 (±0.38)
46	202.66	10.76 (±0.47)	7.29 (±0.46)	11.27 (±0.23)	7.32 (±0.31)
47	183.98	17.7 (±0.62)	7.46 (±0.29)	9.64 (±0.92)	15.18 (±0.43)
48	146.2	7.12 (±0.68.)	8.63 (±0.29)	12.95 (±0.18)	11.69 (±0.36)
49	186.22	7.69 (±0.73.)	8.37 (±0.45)	11.39 (±0.55)	12.08 (±0.43)

Temp. Temperatura. Ref. Referencia. Números entre paréntesis son el error estándar

Cuadro 4.2. Separación de medias del peso perdido (%) en frutos de mango Manila expuestos a 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min.

Temperatura (°C)	Tiempo de Almacenamiento (días)	
	10	20
40	9.99 a	12.92 abc
42	9.27 a	13.05 abc
43	9.96 a	13.29 ab
44	8.69 ab	14.68 a
45	7.27 b	11.39 c
Control	8.73 ab	12.64 bc

α= 0.05. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

fueron los tratamientos a 44 y 45°C. Por lo anterior, se infirió que los frutos de los tratamientos de 40, 42-43°C, tuvieron una pérdida de peso estadísticamente igual al control.

**IV.5.4. Firmeza.** La firmeza determinada como la resistencia a la fuerza de penetración, de los frutos expuestos a AC y temperatura (Cuadro 4.4) fue muy variable al compararla con la de los frutos del control, a los 10 y 20 días de almacenamiento. Los frutos expuestos a la AC y los 43°C, en las dos fechas de almacenamiento conservaron la misma textura. La separación de medias de los resultados de firmeza (Cuadro 4.5) indicó que a los 10 días de almacenamiento los frutos expuestos a la AC y las temperaturas de 40, 42 y 43°C fueron estadísticamente iguales entre sí y tuvieron menor firmeza que el control. Es significativo que los frutos expuestos

Cuadro 4.3. Separación de medias de la calidad de frutas de mango Manila expuestas a 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min y almacenadas durante 10 y 20 días a 10°C

Temp (°C)	PFP (%)	Textura (N)	Color													
			Externo						Interno							
			L	C*	h°	L	C*	h°								
Almacenamiento 10 días																
40	9.98	a	4.25	b	103.3	a	48.01	a	102.7	abc	76.6	ab	65.6	abc	84.1	c
42	8.87	ab	5.92	b	63.28	a	46.78	a	99.2	abc	73.7	ab	76.0	a	87.3	bc
43	9.59	a	11.02	b	63.59	a	45.35	ab	101.9	abc	76.0	ab	71.2	ab	90.2	abc
44	8.69	ab	27.25	ab	58.83	a	40.50	bcd	108.0	a	75.1	ab	55.4	cde	92.5	abc
45	7.29	b	33.96	ab	59.67	a	40.31	bcd	107.8	a	79.5	a	45.8	de	97.3	a
46	7.29	b	36.02	a	58.87	a	39.64	cd	107.5	a	80.6	a	45.1	de	96.9	ab
47	7.46	b	24.64	ab	57.11	a	39.64	cd	106.3	ab	55.7	c	50.1	de	96.2	ab
48	8.63	b	22.19	ab	57.36	a	35.18	d	97.0	bc	70.6	b	42.3	e	97.9	a
49	8.34	ab	23.46	ab	59.80	a	36.83	cd	95.3	c	79.3	a	42.3	e	95.4	ab
Control	8.72	ab	23.79	ab	60.14	a	40.95	Bc	99.5	qbc	77.9	ab	58.5	bcd	94.3	ab
Almacenamiento 20 días																
40	12.92	abc	1.53	f	99.89	a	44.02	a	96.2	b	71.4	ab	60.8	a	88.3	c
42	13.05	abc	3.49	ef	63.81	a	46.22	a	97.6	ab	70.9	ab	57.0	a	91.3	bc
43	13.29	ab	4.86	ef	62.00	a	43.57	a	101.8	a	76.4	ab	55.4	ab	94.2	ab
44	14.68	a	8.23	def	63.14	a	44.03	a	101.9	a	70.8	ab	47.5	bc	94.5	ab
45	11.39	c	27.44	bc	63.71	a	44.49	a	102.1	a	77.9	ab	42.3	cd	97.7	a
46	11.27	c	40.22	a	55.32	a	32.28	b		ab	80.6	a	36.0	de	99.7	a
47	13.85	ab	33.31	ab	52.52	a	31.93	b	100.1	a	56.6	c	38.5	cde	32.5	d
48	12.04	bc	18.95	cd	53.12	a	27.40	b	88.8	c	70.1	b	34.0	de	95.9	ab
49	12.08	bc	14.27	de	56.12	a	30.81	b	90.0	c	76.8	ab	32.6	e	99.4	a
Control	12.64	bc	4.33	ef	64.32	a	46.20	a	99.3	ab	74.6	ab	52.0	ab	94.9	ab

α= 0.05. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

al tratamiento de 43°C se agrupó con el control y los tratamientos de 44 y 45°C tuvieron mayor firmeza. En los frutos del muestreo a 20 días de almacenamiento, los tratamientos fueron estadísticamente iguales, excepto los del tratamiento 45°C que tuvieron la mayor firmeza y proporcionó la significancia estadística. En el análisis bifactorial (Cuadro 4.3) los frutos expuestos a 40, 42 y 44°C fueron estadísticamente homogéneos con el control y tuvieron menor firmeza que los frutos de los tratamientos de 44 y 45°C. Al considerar la interacción del tiempo de almacenamiento con las temperaturas, se agruparon los tratamientos de 40, 42 y 43°C en sus dos fechas de almacenamiento y el de 44°C en su segunda fecha de almacenamiento. Por lo tanto, se infiere que los frutos expuestos a los 44°C o menos no fueron afectados por la temperatura, y los frutos del tratamiento de 43°C tuvieron una firmeza estadísticamente igual a los de las mayores temperaturas 44 y 45°C. Lo que significa que se conservó con mejor calidad para este indicador.

Cuadro 4.4. Firmeza (N) de frutas de mango Manila expuestas a 0%O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> diversas temperaturas por 160 min y almacenados durante 10 y 20 días a 10°C.

Temp. (°C)	Referencia	10 días				20 días			
		Control		Tratados		Control		Tratados	
40	48.35 (±8.2)	4.05 (±0.17)	4.25 (±0.35)	1.31 (±0.89)	1.53 (±0.21)				
42	47.12 (±5.4)	9.99 (±5.05)	5.92 (±0.84)	8.12 (±4.0)	3.49 (±0.91)				
43	46.16 (±5.0)	11.52 (±1.0)	11.02 (±1.79)	3.63 (±1.65)	4.86 (±1.01)				
44	59.14 (±5.0)	30.03 (±0.74)	27.25 (±6.62)	3.39 (±7.1)	8.82 (±1.77)				
45	61.93 (±4.8)	36.88 (±6.34)	33.96 (±4.18)	15.48 (±4.9)	27.44 (±4.80)				
46	69.02 (±5.2)	39.00 (±1.78)	36.02 (±4.20)	5.5 (±3.91)	40.22 (±3.74)				
47	44.47 (±6.7)	45.26 (±4.6)	24.64 (±4.93)	8.46 (±1.09)	33.31 (±2.04)				
48	42.48 (±6.0)	34.3 (±4.4)	22.19 (±4.81)	8.59 (±8.2)	18.95 (±3.00)				
49	63.64 (±3.6)	25.51 (±6.35)	23.46 (±3.20)	14.24 (±9.5)	14.27 (±2.31)				

N. Newtons. Temp. Temperatura. Números entre paréntesis son el error estándar

Cuadro 4.5. Separación de medias de la firmeza (N) de frutos de mango Manila expuestos a 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min.

Temperatura (°C)	Tiempo de Almacenamiento (días)	
	10	20
40	4.23 c	1.53 b
42	5.92 c	2.16 b
43	11.03 bc	4.86 b
44	27.25 a	8.53 b
45	33.65 a	27.44 a
Control	23.79 ab	3.60 b

N. Newtons. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

**IV.5.5. Color Externo e Interno.** En los resultados del análisis de color externo de los frutos expuestos a la AC a 40, 42-49° (Cuadro 4.6), en ambas fechas de almacenamiento tuvieron la luminosidad (L) semejante a la del control y la referencia. El color (C\*) tuvo tendencia al amarillo debido a la maduración de los frutos expuestos a 40, 42-45°C que fueron semejantes al control y no hubo modificación del color a los 46-49°C e inclusive en el control, por lo cual se atribuyó al efecto del almacenamiento a 10°C y no a la exposición de la AC y la temperatura. Los valores de saturación del color (h°) de los frutos expuestos a 40, 42-47°C disminuyeron con respecto a los frutos de referencia y fueron iguales a los del control y fue aún menor en los frutos tratados a 48 y 49°C.

Cuadro 4.6. Color externo de frutas de mango Manila expuestos a 0%O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> diversas temperaturas por 160 min y almacenados durante 10 y 20 días a 10°C.

Temperatura (°C)	Inicial		
	L	C*	h°
40	55.38 (±1.2)	39.56 (±1.3)	111.65 (±2.5)
42	55.29 (±0.7)	36.79 (±0.5)	114.38 (±0.8)
43	56.49 (±1.0)	38.74 (±1.0)	114.79 (±0.8)
44	58.03 (±1.2)	38.46 (±0.7)	114.99 (±0.5)
45	57.69 (±0.8)	39.77 (±0.3)	114.55 (±0.5)
46	56.39 (±1.2)	37.88 (±1.1)	113.32 (±2.5)
47	60.51 (±0.6)	39.22 (±0.7)	114.36 (±0.5)
48	57.60 (±0.7)	40.19 (±0.5)	114.16 (±1.0)
49	57.18 (±0.8)	39.77 (±0.7)	115.16 (±0.6)

Temp (°C)	Control			Tratados		
	L	C*	h°	L	C*	h°
Almacenados por 10 días						
40	67.15 (±1.4)	48.65 (±1.3)	99.24 (±0.6)	64.92 (±1.04)	48.01 (±0.64)	102.72 (±1.08)
42	62.16 (±1.5)	46.38 (±1.9)	105.00 (±2.2)	63.28 (±1.24)	46.78 (±0.70)	103.14 (±1.07)
43	62.47 (±0.9)	44.81 (±1.3)	105.45 (±0.5)	63.59 (±1.38)	45.35 (±1.20)	101.90 (±1.75)
44	60.62 (±4.1)	41.91 (±4.5)	108.12 (±2.5)	58.83 (±0.93)	40.50 (±0.55)	108.34 (±1.23)
45	60.53 (±2.5)	40.67 (±1.6)	107.07 (±2.5)	59.86 (±0.78)	40.25 (±1.27)	107.77 (±1.19)
46	69.90 (±1.6)	45.51 (±1.1)	130.13 (±1.8)	58.74 (±1.42)	39.54 (±1.09)	107.45 (±1.09)
47	55.25 (±1.2)	34.08 (±4.3)	105.31 (±8.0)	57.11 (±1.70)	39.59 (±1.17)	106.35 (±1.26)
48	55.63 (±2.4)	32.90 (±2.4)	96.62 (±3.2)	57.36 (±2.11)	35.18 (±1.55)	96.97 (±1.96)
49	55.78 (±1.6)	31.65 (±1.8)	88.16 (±1.8)	59.80 (±1.02)	36.83 (±1.32)	95.27 (±3.27)
Almacenados por 20 días						
40	64.10 (±1.3)	46.18 (±0.7)	99.63 (±1.5)	60.14 (±1.59)	40.94 (±1.96)	99.53 (±2.70)
42	63.99 (±2.1)	45.54 (±1.8)	99.90 (±1.8)	63.81 (±1.01)	46.22 (±1.25)	97.60 (±1.26)
43	66.16 (±2.2)	47.77 (±0.7)	97.83 (±4.1)	61.54 (±1.22)	43.57 (±1.38)	101.81 (±1.06)
44	62.93 (±2.4)	43.86 (±2.0)	98.21 (±2.7)	63.65 (±1.23)	44.54 (±1.00)	102.24 (±0.84)
45	65.70 (±1.3)	45.96 (±1.6)	100.28 (±1.7)	63.71 (±1.13)	44.49 (±1.12)	102.09 (±0.72)
46	66.33 (±1.5)	49.19 (±1.0)	102.29 (±0.6)	55.32 (±1.20)	32.28 (±0.97)	100.14 (±1.43)
47	66.29 (±2.5)	53.02 (±2.6)	107.95 (±2.4)	52.52 (±1.05)	31.93 (±1.04)	101.21 (±1.35)
48	64.28 (±1.6)	43.68 (±1.0)	99.97 (±5.1)	53.13 (±0.92)	27.40 (±0.82)	88.77 (±0.79)
49	65.93 (±3.2)	48.56 (±2.0)	100.00 (±1.9)	56.12 (±0.96)	30.81 (±0.64)	89.96 (±1.15)

Temp. Temperatura. Números entre paréntesis es el error estándar

En el color interno (Cuadro 4.7) la luminosidad de los frutos tratados fue mayor que la de la referencia a los 10 días de almacenamiento y se conservó a los 20 días, el C\* cambió de verde a amarillo y fue igual al control; sin embargo a los 20 días de almacenamiento fueron menores pero superiores al control, esto fue igual para la h°, excepto para los frutos tratados a los 48 y 49°C.

En el análisis estadístico, la separación de medias de los indicadores del color externo e interno de los frutos expuestos a la AC con las temperaturas de 40 y 42–45°C (Cuadro 4.8) indicaron para el color externo que la luminosidad de los frutos de la muestra de 10 días de almacenamiento, tratados a 40, 42-43°C fue mayor que la del resto de los tratamientos y fueron estadísticamente iguales entre sí. Los frutos tratados a 40°C resultaron con una luminosidad estadísticamente mayor que el control y a los de los

tratamientos de 44 y 45°C. En análisis bifactorial (Cuadro 4.3) no hubo diferencia estadística ni entre temperaturas ni entre fechas de almacenamiento.

Cuadro 4.7. Color interno de frutas de mango Manila expuestas a 0%O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> diversas temperaturas por 160 min y almacenadas durante 10 y 20 días a 10°C

Temperatura (°C)	Iniciales			h°		
	L	C*	h°			
40	55.38 (±1.5)	39.56 (±3.7)		111.65 (±1.6)		
42	55.29 (±1.0)	36.79 (±4.5)		114.38 (±1.6)		
43	56.49 (±1.2)	38.74 (±4.0)		114.79 (±1.4)		
44	58.03 (±1.2)	38.46 (±3.7)		114.99 (±1.7)		
45	57.69 (±1.7)	39.77 (±3.7)		114.55 (±3.9)		
46	56.39 (±1.8)	37.88 (±3.6)		113.32 (±1.5)		
47	60.51 (±2.3)	39.22 (±4.0)		114.36 (±1.5)		
48	57.60 (±1.3)	40.19 (±3.3)		114.16 (±1.8)		
49	57.18 (±1.2)	39.77 (±3.0)		115.16 (±1.3)		
Control				Tratados		
	L	C*	h°	L	C*	h°
Almacenados por 10 días						
40	78.6 (±1.5)	63.57 (±3.1)	91.68 (±1.6)	76.62 (±0.82)	65.64 (±1.56)	89.44 (±5.38)
42	76.7 (±1.3)	69.72 (±3.9)	90.34 (±1.4)	73.65 (±0.62)	75.96 (±1.28)	87.28 (±0.7)
43	79.6 (±1.9)	68.48 (±2.1)	92.30 (±1.4)	75.97 (±1.1)	71.16 (±2.38)	90.18 (±0.82)
44	72.7 (±3.0)	44.69 (±4.0)	100.46 (±1.7)	75.07 (±1.77)	55.36 (±2.77)	92.49 (±1.01)
45	79.9 (±0.7)	50.68 (±3.4)	95.75 (±1.3)	79.27 (±1.79)	45.63 (±3.04)	97.38 (±0.87)
46	105.2 (±1.1)	41.83 (±3.0)	122.81 (±2.5)	80.55 (±1.31)	47.13 (±)	96.93 (±1.27)
47	57.2 (±1.6)	43.85 (±3.2)	26.98 (±1.5)	55.76 (±1.62)	50.14 (±3.31)	96.20 (±0.99)
48	76.7 (±1.1)	36.06 (±2.6)	99.34 (±1.4)	70.64 (±3.29)	42.26 (±3.86)	97.93 (±1.44)
49	77.3 (±2.8)	37.39 (±4.8)	100.11 (±2.0)	79.34 (±1.23)	42.25 (±3.35)	96.40 (±2.42)
Almacenados por 20 días						
40	61.69 (±1.5)	44.02 (±1.5)	96.19 (±1.4)	77.91 (±0.97)	58.53 (±4.5)	94.25 (±1.29)
42	63.81 (±2.0)	46.22 (±4.7)	97.60 (±1.6)	70.89 (±4.87)	56.94 (±1.54)	91.26 (±1.44)
43	61.54 (±1.1)	43.57 (±3.6)	101.81 (±0.8)	76.37 (±0.96)	54.76 (±1.72)	94.23 (±2.21)
44	63.65 (±2.8)	44.54 (±2.0)	102.24 (±2.0)	70.83 (±2.42)	47.49 (±1.95)	94.79 (±0.98)
45	63.71 (±0.5)	44.49 (±1.2)	102.09 (±0.4)	77.91 (±1.21)	42.29 (±2.03)	97.66 (±0.57)
46	55.32 (±0.6)	32.28 (±3.2)	100.14 (±2.0)	80.63 (±1.23)	36.02 (±3.64)	99.71 (±0.92)
47	52.52 (±2.4)	31.93 (±0.8)	101.21 (±5.2)	56.64 (±1.22)	38.54 (±1.73)	33.84 (±2.03)
48	53.13 (±5.1)	27.40 (±6.7)	88.77 (±1.7)	70.05 (±2.31)	33.95 (±1.43)	95.89 (±0.83)
49	56.12 (±1.9)	30.81 (±3.4)	89.96 (±1.0)	76.76 (±1.94)	32.60 (±1.93)	99.43 (±0.40)

Números entre paréntesis es el error estándar

Cuadro 4.8. Separación de medias del color externo e interno de frutos de mango Manila expuestos a 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min.

Temperatura (°C)	Tiempo de Almacenamiento (días)											
	10			20								
	L	C*	h°	L	C*	h°						
Color Externo												
40	65.2	a	48.0	a	102.7	ab	61.7	a	44.0	a	96.2	b
42	63.3	ab	46.8	a	103.1	ab	63.8	a	46.2	a	97.6	b
43	63.6	ab	45.4	ab	101.9	ab	62.0	a	43.6	a	101.4	a
44	58.8	b	40.5	bc	108.0	a	63.1	a	44.0	a	101.4	a
45	59.7	b	40.3	c	107.8	a	63.7	a	44.5	a	102.1	a
Control	60.1	b	41.0	bc	99.5	b	64.3	a	46.2	a	99.3	ab
Color Interno												
40	76.6	ab	95.6	ab	89.4	cd	71.4	b	60.8	a	88.3	c
42	43.7	b	76.0	a	87.3	d	75.6	ab	56.9	ab	91.3	bc
43	76.0	ab	71.2	a	90.2	cd	76.4	ab	55.4	ab	94.2	ab
44	75.1	ab	55.4	bc	92.5	bc	70.8	b	47.5	cd	94.5	ab
45	79.5	a	45.8	c	97.3	a	77.9	a	42.3	d	97.7	a
Control	77.9	ab	58.5	b	94.3	ab	74.6	ab	52.0	bc	94.9	ab

$\alpha = 0.05$ . Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Los valores de C\* de los frutos de los tratamientos de 40 y 42°C fueron los más altos, estadísticamente diferentes al control y los valores más bajos se observaron en los tratamientos de 44 y 45°C; en la segunda fecha de muestreo no hubo diferencia estadística entre tratamientos. En el análisis bifactorial (Cuadro 4.3) por temperatura y fechas de almacenamiento se confirmaron los resultados, se agruparon los frutos de los tratamientos 40, 42 y 43 con el control para ambas fechas de almacenamiento. Por lo anterior se infirió que los tratamientos de 40 y 42°C tuvieron un color amarillo más intenso que el control.

En lo que se refiere a h° los frutos tratados formaron un solo grupo estadístico con valores más altos que el control a los 10 días de almacenamiento y en el segundo muestreo los frutos de los tratamientos de 43, 44 y 45°C formaron un grupo separado de los tratamientos de 40, 42 y 43° unidos al control. En el análisis multifactorial por temperatura se confirmó el comportamiento de los frutos en la primera fecha de muestreo y por fechas de almacenamiento se agruparon los tratamientos de 40, 42 y 43°C con el control. Por lo tanto, se infiere que los frutos tratados presentaron tonos verde amarillento, lo que significa que retardaron su maduración.

En el color interno los resultados del análisis de varianza (Cuadro 4.8), los frutos de los tratamientos 42 y 45° fueron estadísticamente iguales y la mayor luminosidad la presentaron los frutos de éste último; los frutos de los tratamientos 40, 43 y 44°C fueron estadísticamente iguales que el control pero con menor luminosidad. En el segundo muestreo, a 20 días de almacenamiento, los frutos de los tratamientos 40 y 44°C tuvieron menor luminosidad que los expuestos a 42 y 43°C. En el análisis bifactorial temperatura y tiempo de almacenamiento (Cuadro 4.3), se separó el tratamiento de 45°C y los de 40 y 44°C en la segunda fecha, con la mayor luminosidad.

La C\* de los frutos de los tratamientos de 40, 42 y 43°C se agruparon con el control y tuvieron valores más altos y los tratamientos 44 y 45°C formaron un segundo grupo estadístico. Estos resultados estadísticos fueron iguales en el segundo muestreo y en el análisis bifactorial en la interacción por temperatura y por fecha de almacenamiento. Por lo anterior se infiere que los frutos de los tratamientos 40, 42 y 43 tuvieron el color amarillo más intenso e igual que el control.

El análisis de los valores de h° los frutos de los tratamientos de 40, 42 - 44°C tuvieron menores valores que el control, sobresalieron los tratamientos 40, 42 y 43°C agrupados para dar los tonos amarillos característicos de los frutos maduros. Los resultados fueron iguales en la segunda fecha de muestreo y en el bifactorial (Cuadro 4.3) temperatura y en las interacciones por fecha de almacenamiento no hubo diferencia estadística significativa.

La calidad de los frutos de mango Manila expuestos a 0%O<sub>2</sub> + 50%CO<sub>2</sub> a 40, 42-49°C por 160 min. y almacenados a 10°C por 10 y 20 días, sufrieron cambios de calidad que dependieron de la temperatura a la cual fueron tratados. Los frutos que fueron sometidos a 40, 42 y 43°C no sufrieron daños de escaldado, la pérdida de peso fue estadísticamente igual al control en las dos fechas de almacenamiento, la firmeza de los frutos tratados a 42 y 43°C fue estadísticamente igual entre sí y a la del control, pero los frutos de los 43°C tuvieron la mayor firmeza. El color externo e interno de los frutos expuestos a la AC y temperaturas de 40, 42 y 43°C fue amarillo más intenso que el control, con la misma luminosidad y saturación.

Estos resultados indicaron que los frutos no retardaron su maduración y senescencia como sucedió en pera (*Pyrus comunis*) 'Bartlett'; probablemente esto se debió a que el

fruto de mango es tolerante tanto a las temperaturas altas como a las atmósferas controladas, lo cual ha sido ampliamente demostrado para otras variedades de mango y otros frutos como papaya (*Carica papaya*). Por lo que se puede considerar que si el fruto modificó su metabolismo durante el tratamiento como en manzana a 38°C se incrementa la microviscosidad de la membrana, el contenido de esteroides, los fosfolípidos de los ácidos grasos, la saturación de ellos y la pérdida de electrolitos; éste fue capaz de recuperarse cuando se enfrió a temperatura ambiente (Ke y col., 1990; Lurie y col., 1995).

Dicha recuperación pudo estar influenciada por la atmósfera alta de CO<sub>2</sub> como se ha demostrado para aguacate (*Persea americana*) 'Hass' que expuesto a atmósferas entiquecidas de CO<sub>2</sub> incrementó la capacidad de restauración de la energía de la mitocondria para regenerar las funciones donde la anoxia pudo haber causado daños irreparables. Por lo tanto, al recuperarse el fruto probablemente se restauraron las tasas de respiración y de producción de etileno, lo cual le permitió madurar adecuadamente (Mathooko, 1996; Moriguchi y Romani, 1995; Mitcham y McDonald, 1993; Yahia, 1993).

La tolerancia a la temperatura también pudo deberse a las proteínas de choque térmico que se originan genéticamente cuando el fruto es expuesto a temperaturas mayores de 35°C y que donde se lleva a cabo con la asociación de los poliribosomas se traducen en ARN de estas proteínas (Linguist y Craig, 1988).

Los frutos expuestos a la atmósfera 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> y a temperaturas  $\geq 44^{\circ}$  C sufrieron diversos porcentajes de daño que se expresaron con la falta de desarrollo del color, tanto en la epidermis como en la pulpa, zonas endurecidas y otras blandas, así como la formación de cavidades en la pulpa. Estas características han sido descritas para otras variedades de mango, como por ejemplo para mango Kensington ha sido reportado que se expresa como manchas oscuras y corchosas en la piel y en la pulpa que se atribuyen a un incremento en la actividad de las hidrolasas y se atribuyeron al daño causado por la temperatura (Lurie, 1998; Jacobi y Giles, 1997).

El daño que causa el calor en la fruta es principalmente al sistema enzimático, a nivel de poligalacturonasa y enzima formadora de etileno, las cuales son indicadoras del daño a la membrana celular. Por otro lado, cuando el mango Tommy Atkins fue sometido a la temperatura alta de 46 y 48°C por 3 y 5 h respectivamente se promovió el metabolismo anaeróbico, se incrementó la concentración interna de CO<sub>2</sub> y esto incrementó la demanda

de O<sub>2</sub>, se redujo el desarrollo del color en el mesocarpio y la tasa de ablandamiento, especialmente en el mesocarpio, por lo que se inhibió la maduración (Mitcham y McDonald, 1993).

Con respecto a lo anterior, en los frutos tratados en la combinación de la atmósfera de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a temperaturas  $\geq 40^{\circ}\text{C}$  el efecto anaeróbico de la atmósfera probablemente se incrementó; el efecto del CO<sub>2</sub> se demostró en manzana (*Malus domestica*) 'Golden Delicious' en la cual el CO<sub>2</sub> actuó como inductor o inhibidor del etileno y la respiración dependiendo de la concentración *in situ* del producto, de la temperatura y de la subsecuente exposición al CO<sub>2</sub> (Pesis y col., 1994).

La calidad obtenida en los frutos tratados con 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 40, 42-43°C por 160 min unida al 100% de mortalidad obtenido en los ensayos *in vivo* (Capítulo III) en los tratamientos a 40, 42 y 43°C, fueron las condiciones que proporcionaron las mayores perspectivas para utilizarse como sistema cuarentenario para controlar larvas de moscas de la fruta *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila.

Por otro lado, la temperatura de 43°C es 3°C menor que la del tratamiento hidrotérmico y 5°C menor que la utilizada en el de aire seco forzado en los cuales se aplican a 46.1 y 48°C, respectivamente, por lo tanto el fruto esta expuesto a condiciones de temperatura menos drásticas.

## VI.6. CONCLUSIONES.

Los frutos de mango Manila expuestos a la combinación de 0%O<sub>2</sub> + 50%CO<sub>2</sub> a las temperaturas de 40, 42 y 43°C, no sufrieron daños por escaldado y maduraron con buena calidad a 10 y 20 días de almacenamiento a 10°C.

Los frutos de mango Manila expuestos a la combinación de 0%O<sub>2</sub> + 50%CO<sub>2</sub> a las temperaturas de 44, 45, 46, 47, 48 y 49°C, sufrieron diversos grados de daño por escaldado y no maduraron.

Los frutos de mango Manila expuestos a la combinación de 0%O<sub>2</sub> + 50%CO<sub>2</sub> a 43°C por 160 min maduraron con buena calidad después de 10 y 20 días de almacenamiento 10°C.

## V. CONCLUSIONES GENERALES.

Las atmósferas controladas combinadas con temperaturas altas, por medio de un efecto sinérgico, fueron eficientes para eliminar huevos y larvas de moscas de la fruta *A. obliqua* y *A. ludens*. El estadio de huevo fue menos susceptible que el de larva a las condiciones evaluadas.

El 100% de mortalidad de huevos y larvas de las dos especies se obtuvo con la atmósfera controlada de 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 40, 42 ó 43°C por 160 min, en frutos de mango Manila sin alterar su calidad.

La atmósfera controlada 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 40-43°C por 160 min puede ser utilizada como un sistema cuarentenario, para controlar moscas de la fruta *A. obliqua* y *A. ludens* en frutos de mango Manila infestados, sin alterar la calidad del fruto.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Económicamente es importante que antes de realizar las pruebas confirmatorias, se determine el menor tiempo de exposición que permita conservar la eficiencia sobre la mortalidad, ya que con un menor tiempo de exposición se tendrá un menor costo de aplicación.
2. Las pruebas para determinar el tiempo y las confirmatorias se deben realizar con frutos infestados directamente expuestos a las hembras fértiles.
3. Realizar pruebas confirmatorias con frutos infestados en campo.

## VII. PERSPECTIVAS

Las perspectivas de este trabajo son muy importantes, ya que desde el punto de vista científico, se aportan datos de la mortalidad de moscas de la fruta en atmósferas controladas, que son muy escasos en la literatura.

Las condiciones de atmósfera controlada y temperatura establecidas son las primeras que se desarrollan en México, como parte de un sistema cuarentenario y en especial para la variedad Manila.

Las consecuencias de estos resultados serán desde el punto de vista económico, ya que las pérdidas del fruto serán menores, lo que incrementará la disponibilidad y comercialización de fruto sano y de calidad.

Por otro lado, los resultados pueden ser utilizados como base para desarrollar otros sistemas cuarentenarios, para otras especies de moscas de la fruta y en otros cultivos.

Este sistema sería fácilmente autorizado como sistema cuarentenario por ser un sistema físico que no causa problemas de contaminación ni de salud.

## VIII. BIBLIOGRAFIA.

- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Aharoni, Y.; Stewart, J.K. y Guadagni, D.G. 1981. Modified atmospheres to control western flower thrips on harvested strawberries. *J. Econ. Entomol.* 74: 338-340.
- Aharoni, Y.; Hartsell, P.L.; Stewart, J.K. y Young, D.K. 1979. Control of western flower thrips on harvested strawberries with acetaldehyde in air, 50% carbon dioxide or 1% oxygen. *J. Econ. Entomol.* 72:824-822
- Aluja S.,M. 1993. Manejo integrado de la mosca de la fruta. Editorial Trillas México.
- Aluja, S.,M. 1994. Bionomics and management of *Anastrepha*. *Ann Rev. Entomol.* 39:155-78.
- Armstrong, J.W. 1982. Development of a hot-water immersion quarantine treatment for Hawaiian-grown 'Brazilian' bananas. *J. Econ. Entomol.* 75:787-790.
- Armstrong, J.W. y Couey, H.M. 1984. Methyl bromide fumigation treatments at 30°C for California stone fruit infested with the Mediterranean fruit fly (Diptera:Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 77: 1220-1232.
- Amstrong, J.W.; Hu, B.K.S. y Brown, S.A. 1990. Thermal death of Oriental fruit fly (Diptera:Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 83: 160-167.
- Bailey, S.W. y Banks, H.J. 1980. A review of recent studies of the effects of controlled atmospheres on stored product pests. En: Shejbal, J. editor. *Controlled atmosphere storage of grains*. Elsevier Scientific Publishing Company. N.Y. USA.
- Becerra L., N.E. 1995. Enfermedades del cultivo de mango. En: Mata B., I. y Mosqueda V., R. 1995. *La producción del mango en México*. Editorial Limusa. México, DF. Cap 6.
- Benschoter, C.A. 1984. Low-temperature storage as a quarantine treatment for the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Florida citrus. *J. Econ. Entomol.* 77: 1233-1235.
- Benschoter, C.A., Spalding, D.H. y Reeder, W.F. 1981. Toxicity of atmospheric gases to immature stages of *Anastrepha suspensa*. *The Florida Entomologist* 64: 543-544.
- Boersig, M.R.; Kader, A.A. y Romani, R.J. 1988. Aerobic-anaerobic respiratory transition in pear fruit and cultured pear fruit cells. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113: 869-873.
- Brandl, D.G.; Soderstrom, E.L. y Schreiber, F.E. 1983. Effects of low-oxygen atmospheres containing different concentration of carbon dioxide on mortality of the Navel orangeworm *Amyelois transitella* Walther (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Econ. Entomol.* 76: 828- 830.

- Burdon, J; Dori, S.; Marinasky, R. y Pesis, E. 1996. Acetaldehyde inhibition of ethylene biosynthesis in mango fruit. *Postharvest Biol. And Tech.* 8: 153-161.
- Burditt, A.K. 1982. Food irradiation as a quarantine treatment of fruits. *Food Technol.* 36: 51-61.
- Cabrera, M.H. 1988. Dinámica poblacional de las moscas de la fruta *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) en mango Manila y frutales diversos durante 1987 en la región central del Estado de Veracruz. En: XXIII Congreso Nacional de Entomología. Morelia Mich. p 175.
- Cabrera, M.H. 1991. Combate de moscas de la fruta en mango en Veracruz. En: Tercer curso de capacitación sobre el cultivo de mango. SARH, INIFAP, CECOT.
- Cabrera, M.H. y Villanueva, B.J. 1987. Dinámica poblacional de las moscas de la fruta *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) en mango Manila y frutales diversos en la región central del Estado de Veracruz. En: XXII Congreso Nacional de Entomología. 1987. Cd. Juárez Chih., México p 75-76.
- Calderón, M. y Navarro, S. 1984. Synergistic effect of CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> mixtures on two stored grain insect pests. En: Ripp, B.E. Editor. *Controlled atmosphere and fumigation in grain storage.* Elsevier. N.Y.
- Chervin, C.; Brady, C.J.; Patterson, B.D. y Faragher, J.D. 1996. Could studies on cell responses to low oxygen levels provide improved options for fruit storage and disinfestation ?. *Postharvest Biol. and Tech.* 7: 289-299.
- Campbell, C.A, 1994. Handling of Florida-grown and imported tropical fruits and vegetables. *HortScience* 29:975-988.
- Couey, H.M. 1982. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. *HortScience* 17: 162-165.
- Couey, H.M. 1983. Development of quarantine systems for host of the medfly. *HortScience* 18: 45-47.
- Couey, H. M. 1989. Heat treatment for control of postharvest diseases and insect pests of fruit. *HortScience* 24:198-202.
- Couey, H.; Linse, E.S. y Nakamura, A.N. 1984. Quarantine procedure for Hawaiian papayas using heat and cold treatments. *J. Econ. Entomol.* 77:984-988.
- Díaz P., G. y González L.V., W. 1995. Catálogo de tecnología y servicios, Veracruz y Tabasco. Centro de Investigación Regional del Golfo Centro. INIFAP. México.
- FAO.1998. Food and agriculture organizations of the united nations. Roma, Italia.

- FIRA. 1997. Oportunidades de desarrollo del mango en México. Boletín informativo. Vol. XXI. 100 pág.
- Guillén, A.J. 1988. Identificación de especímenes capturados mediante el sistema de muestreo de frutos. Características taxonómicas de los Estados inmaduros de las moscas de la fruta (Morfología de larvas). En: II Curso Internacional de capacitación sobre moscas de la fruta. Taxonomía e Identificación MOSCAMED. SARH.1987. USDA. Tapachula, Chis. México 2: 16-20.
- Gutiérrez, S.J. 1976. La mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wied) y los factores ecológicos que favorecerían su establecimiento y propagación en México. SAG. DGSV. México.
- Gould, W.P. y Sharp, J.L. 1990. Cold-storage quarantine treatment for carambolas infested with the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 83: 458-460.
- Hallman, G.J. 1990. Survival and reproduction of Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) adults immersed in hot water as third instars. J. Econ. Entomol. 83: 2331-2334.
- Hallman, G. 1994. Controlled atmospheres. En: Paull, R. E. y Armstrong J. W. Eds. Insect Pests and Fresh Horticultural Products. CAB International. Wallingford, UK.
- Hallman, G.J. 1996. Mortality of third instar Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) reared in diet or grapefruits and immersed in heat water or grapefruit juice. Florida Entomologist 79:168-172.
- Hallman, G.J.; Gaffney, J.J. y Sharp, J.L. 1990. Vapor heat treatment for grapefruit infested with Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 83:1475 – 1478.
- Hansen, J.D.:1992. Heating curve models of quarantine treatments against insect pests. J. Econ. Entomol. 85: 1846-1854.
- Hansen, J.D. y Sharp, J.L. 1998. Thermal death studies of third-instar Caribbean fruit fly (Diptera:Tephritidae). J. Econ. Entomol. 91:968-973.
- Hansen, J.D.; Armstrong, J.W.; Hu, B.K.S. y Brown, S.A. 1990. Thermal death of Oriental fruit fly (Diptera:Tephritidae). J. Econ. Entomol. 83:160-167.
- Hartsell, P.L.; Aharoni, Y.; Stewart, J.K. y Young, D.K. 1981. Acetaldehyde toxicity to the green peach aphid on harvested head lettuce in high carbon dioxide or low oxygen atmospheres. J. Econ. Entomol. 72:904-905.
- Heather, N.W.; Corcoran, R.J. y Kopitke, R.A. 1997. Hot air disinfestation of Australian 'Kensington' mangoes against two fruit flies (Diptera:Tephritidae). Postharvest Biol. and Tech. 10:99-105.

- Hernández-Ortiz, V. 1992. El género *Anastrepha* Schiner en México. Instituto Nacional de Ecología, AC. Soc. Mex. de Entom. Xalapa, Ver. México. Publicación 33.
- Hill, A.R.; Rogney, C.J. y Sproul, A.N. 1988. Cold storage of oranges as a disinfestation treatment against the fruit flies *Dacus tryoni* (Froggatt) and *Ceratitis capitata* (Wirdemann) (Diptera:Tephritidae). J. Econ. Entomol. 81: 257-260.
- Howe, R.W. 1967. Temperature effects on embryonic development in insects. Ann. Rev. Entomol. 12:15-42.
- Jacobi, K.K. y Giles, J.E. 1997. Quality of 'Kensington' mango (*Mangifera indica* Linn.) fruit following combined vapour heat disinfestation and hot water disease control treatments. Postharvest. Biol. and Tech. 12:285-292.
- Jang, E.B. 1986. Kinetics of thermal death in eggs and first instars of three species of fruit flies (Diptera:Tephritidae). J. Econ. Entomol. 79:700-705.
- Jang, EB. 1991. Thermal death kinetics and tolerance in early and late third instars of the Oriental fruit fly (Diptera:Thephritidae). J. Econ. Entomol. 84:1298-1303.
- Jessup, A.J.; Rigney, C.J. y Wills, P.A. 1988. Effects of gamma irradiation combined with hot dipping on quality of 'Kensington Pride' mangoes. J. Food Science 53: 1486 – 1489.
- Johnston, R.N. y Kucey, B.L. 1988. Competitive inhibitor of hsp70 gene expression causes thermosensitivity. Scienc 242: 1552-1554.
- Kader, A.A. 1986a. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Technol. 40: 99-104.
- Kader, A.A. 1986b. Potential applications of ionizing radiation in postharvest handling of fresh fruit and vegetables. Food Technol. 40: 117-121.
- Kader, A.A. y Ke, D. 1994. Controlled atmospheres. En Paull, R. E. y Armstrong, W. (Eds.). Insect Pests and Fresh Horticultural Products. CAB International. Wallingford, UK. Cap 11. Pág. 223-236.
- Kays, S. J. 1991. Postharvest physiology of perishable products. AVI, Ven Nostrand Reinhold, New York. USA.
- Ke, D. y Kader, A.A. 1992. External and internal factors influence fruit tolerance to low oxygen atmosphere. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117: 913-918.
- Ke, D.; Rodríguez-Sinobas, L. y Kader, A.A. 1991. Physiology and prediction of fruit tolerance to low-oxygen atmospheres. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 253-260.

- Ke, D.; van Gorrnel, H. y Kader, A. 1990. Physiological and quality responses of 'Bartlett' pears to reduced O<sub>2</sub> and enhanced CO<sub>2</sub> levels and storage temperature. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:435-439.
- Ke, D.; El-Wazir, F.; Cole, B.; Mateos, M. Y Kader, A.A. 1994. Tolerance of peach and nectarine fruits to insecticidal controlled atmospheres as influenced by cultivar, maturity and size. *Postharvest Biol. and Tech.* 4: 135-146.
- Ke, D.; Yahia, E.; Mateos, M. Y Kader, A. 1994. Ethanollic fermentation of 'Bartlett' pears as influenced by ripening stage and atmospheric composition. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:976-982.
- Ke, D.; Yahia, E.; Hess, B.; Zhou, L y Kader, A. 1995. Regulation of fermentative metabolism in avocado fruit under oxygen and carbon dioxide stresses. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120:481-490.
- King, G.A. y O'Donoghue, E.M. 1995. Unravelling senescence: New oportunities for delaying the inevitable in harvest fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology* 6: 385-389.
- Klein, J.D. y Laure, S. 1990. Prestorage heat treatment as a means of improving potstorage quality of apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 265-269.
- Knee, M. 1973. Effects of controlled atmosphere storage on respiratory metabolism of apple fruit tissue. *J. Sci. Food Agric.* 24: 1289-1298.
- Kubo, Y.; Inaba, A. y Nakamura, R. 1990. Respiration and C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> production in various harvested crops held in CO<sub>2</sub>-enriched atmospheres. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 975-978.
- Laidlaw, W.G. y Hayes, C.F. 1990. Calculation of ethylene-forming enzyme activity in papayas treated for control of Oriental fruit flies ((Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 83: 1944-1948.
- Larsen, M. y Watkins, C.B. 1995. Firmness and aroma composition of strawberries following short-term high carbon dioxide treatments. *HortScience* 30: 303-305.
- Lay-Yee, M. y Whiting, D.C. 1996. Response of 'Hayward' kiwifruit to high-temperatures controlled atmosphere treatments for control of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). *Postharvest Biol. and Tech.* 7:73-81.
- Leal, J.F.M. y Barbancho, M. 1992. Acetaldehyde detoxification mechanisms in *Drosophila melanogaster* adults involving aldehyde dehydrogenase (ALDH) and alcohol dehydrogenase (ADH) enzymes. *Insect biochem. and Mol. Biol.* 22:885-892.
- Leyva-Vázquez, J.L. 1988. Temperatura umbral y unidades calor requeridas por los estados inmaduros de *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae). *Folia Entomológica Mexicana* 74: 189-196

- Leyva, J.L.; Browning, H.W. y Gilstrap, F.E. 1991. Development of *Anastrepha ludens* (Diptera:Tephritidae) in several host fruit. *Environ. Entomol* 20:1160-1165.
- Lidster, P.D.; Sanford, K.H. y McRae, K.B. 1984. Effects of temperature and controlled atmosphere on survival of overwintering populations of european mite eggs on stored 'MacIntosh' apples. *HortScience* 19:257-258.
- Lindquist, S. y Craig, E.A. 1998. The heat-shock proteins. *Annu. Rev. Genet.* 22:631-77.
- Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biol. and Tech.* 14:257-269.
- Lurie, S.; Othman, S. y Borochoy, A. 1995. Effects of heat treatment on plasma membrane of apple fruit. *Postharvest. Biol. and Tech.* 5: 29-38.
- Mangan, R.L. e Ingle, S.J. 1992. Forced hot-air quarantine treatment for mangoes infested with west Indian fruit fly (Diptera:Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 85: 1860-1864.
- Marangoni, A.G.; Palma, T. Y Stanley, D.W. 1996. Membrane effects in postharvest physiology. *Postharvest Biol. and Tech.* 7: 193-217.
- Mata B., I y Mosqueda V., R. 1995. La producción del mango en México. Editorial Limusa. México, D.F.
- Mathooko, F.M. 1996. Regulation of ethylene biosynthesis in higher plants by carbon dioxide. *Post. Biol. And Thech.* 7:1-26.
- Maxie, E.C.; Mitchell, F.G.; Sommer, N.F.; Syder, R.G. y Rae, H.L. 1974. Effect of elevated temperatures on ripening of 'Bartlett' pears *Pyrus communis* L. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99: 344-349.
- McGuire, R. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27:1254-1260.
- Meats, A. 1989. Water reations of Tephritiadae. En: Robinson, A.S. y Hopper, G. (Eds). *Fruit flies their biology, natural enemies and control.* Elsevier, The Netherlands. Vol. 3<sup>a</sup>. Cap. 3.8 pág. 241.
- Medlicott, A.P.; Sigrist, J.M.M. y Sy, O. 1990. Ripening of mango following low-temperature storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 430-434.
- Mendoza JR., D.B. y Wills, R.B.H. (Eds). 1984. *Mango.* Asean food handling bureau. Bangsar, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Miller, W.R.; McDonald, R.E.; Sharp, J.L. 1991. Quality changes during storage and ripening of 'Tommy Atkins' mangos treated with heated forced air. *HortScience* 26: 395-397.

- Mitcham, E.J. y McDonald, R.E. 1993. Respiration rate, internal atmosphere, and ethanol and acetaldehyde accumulation in heat-treated mango fruit. *Postharvest Biol. & Tech.* 3: 77-83.
- Mitcham, E.J., Zhou, S. y Bikoba, V. 1997. Controlled atmospheres for quarantine control of three pests of table grape. *J. Econ. Entomol.* 90:1360-1370
- Moreno, D.S.; Rivas, R; Ortega, Z.D.A. y Mangan, R.L. 1993. Una dieta artificial para larvas de *Anastrepha obliqua* (Diptera:Tephritidae). XXVIII Congreso Nacional deEntom. Universidad de las Américas, Cholula, Pue. SANDOZ-INIFAP. P 301-302.
- Moriguchi, T. y Romani, R.J. 1995. Mitochondrial self-restoration as an index to the capacity of avocado fruit to sustain atmospheric stress at two climateric states. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120:643-649.
- Morris, L.L. 1982. Chilling injury of horticultural crops: an overview. *HortScience* 17:1961-1962
- Morris, S.Cc y Jessup, A.J. 1994. Irradiation. En: Paull, E.R. y Armstrong, J.W. (Eds). *Insect Pests and Fresh Horticultural Product*. CAB International. Wallingford, UK.
- Moss, J.L. y Jang, E.B. 1991. Effects of age and metabolic stress on heat tolerance of the Mediterranean fruit fly (Diptera:Tephritidae) eggs. *J. Econ. Entomol.* 84: 537-541
- Nanos, G.D.; Romani, J. y Kader, A.A. 1994. Respiratory metabolism of pear fruit and cultured cells exposed to hypoxic atmospheres: Associated change in activities of key enzymes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119: 288-294.
- Nation, J.L. y Burditt Jr., K.B. 1994. Irradiation. En: Paull, R. E. y Armstrong J. W. (Eds.). *Insect Pests and Fresh Horticultural Product*. CAB International. Wallingford, UK. Cap. 5, 85-102
- Nicolás, G. y Sillans, D. 1989. Immediate and latent effects of carbon dioxide on insects. *Ann. Rev. Entomol.* 34:97-116.
- Núñez, E.R. y Velázquez, V.R. 1987. Combate de moscas de la fruta en mango del estado de Colima. Desplegable para productores No. 2. CAETECO. INIFAP. SARH. Tecomán, Colima. México.
- Paull, R.E. 1990. Postharvest heat treatments and fruit ripening. *Postharvest News and Information* 1:355-363.
- Paull, R.E. 1994. Response of tropical horticultural commodities to insect disinfestation treatments. *HortScience* 29: 988-996.
- Paull, R.E. y Armstrong, J.W. 1994. *Insect pests and fresh horticultural products*. CAB International. Wallingford, UK.

- Paull, R.E. y Chen, N.J. 1990. Heat shock response in field-grown, ripening papaya fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 623-631.
- Paull, R.E. y McDonald, R.E. 1994. Heat and cold treatment. En: Paull, R.E. y Armstrong, J.W. (Eds.). *Insect Pests and Fresh Horticultural Products*. CAB International, UK. Cap. 10, 191-222.
- Pesis, E. Ampunpong, Ch.; Shusiri, B. y Hewett, E.W. 1994. Enhancement of ethylene and CO<sub>2</sub> production in apple fruit following short-term exposure to high CO<sub>2</sub>. *Postharvest Biol. and Tech.* 4:309-317.
- Prange, R.K. y Lidster, P.D. 1992. Controlled-atmosphere effects blueberry maggot and lowbush blueberry fruit. *HotScience* 27: 1094-1096
- Price, N.R. 1985. The mode of action of fumigants. *J. Stored Prod. Res.* 21: 157-164.
- Roe, B. Y Bruemmer, J.H. 1981. Changes in pectic substances and enzymes during ripening and storage of 'Keitt' mangoes. *J. Food Sci.* 46:186-189.
- Rohitha, B.H.; McDonald, R.M.; Hill, R.A. y Karl, A.K. 1993. A preliminary evaluation of some naturally occurring volatiles on codling moth eggs. *Insect biochem. and Mol. biol.* 22:269-276.
- SARH. 1993. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Sistema producto mango. Dirección General de Política Agrícola. Subsecretaría de Agricultura. 36 págs.
- Sharp, J.L. 1986. Hot-water treatment for control of *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae) in mangos. *J. Econ. Entomol.* 79:706-708.
- Sharp, J.L. 1992. Hot-quarantine treatment for mango infested with Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 85:2302-2304.
- Sharp, J.L. 1993. Hot-air quarantine treatment for 'Marsh' white grapefruit infested with Caribbean fruit fly (Diptera:Tephritidae) *J. Econ. Entomol.* 86:462-464.
- Sharp, J.L. y Picho Martínez, H. 1990. Hot-water quarantine treatment to control fruit flies in mangoes imported into United States from Peru. *J. Econ. Entomol.* 83: 1940-1943
- Sharp, J.L.; Ouye, M.T.; Thalman, R; Hart, W.; Ingle, S. y Chew, V. 1988. Submersion of 'Francis' mango in hot water as a quarantine treatment for the West Indian fruit fly and the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 81:1431-1436.
- Sharp, J.L.; Ouye, M.T.; Hart, W.; Ingle, S.; Hallman, G.; Gould, W.Y.; Chew, V. 1989. Immersion of Florida mangos in hot water as a quarantine treatment for Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 82:186-188.

- Shaw, P.E.; Moshonas, M.G. y Pesis E. 1991. Changes during storage of oranges pretreated with nitrogen, carbon dioxide and acetaldehyde in air. *J. Food Sci.* 56: 469-474.
- Shellie, K.C.; Firko, M.J. y Mangan, R.L. 1993. Phytotoxic response of 'Dancy' tangerine to high-temperature moist, forced-air treatment for fruit fly disinfestation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118:481-485.
- Shellie, K.C.; Mangan, R.L. e Ingle, S.J. 1997. Tolerance of grapefruit and Mexican fruit fly to heated controlled atmospheres. *Postharvest Biol. and Tech.* 10:179-186.
- Sherman, M. 1985. Control of ethylene in the postharvest environment. *HortScience* 20: 57-60.
- Soderstrom, E.L.; Mackey, B. y Brandl, D.G. 1986. Interactive effects of low-oxygen atmospheres, relative humidity, and temperature on mortality of two stored-product moths (Lepidoptera: Pyralide). *J. Econ. Entomol.* 79:1303-1306.
- Soderstrom, E.L.; Brandl, D.G. y Mackey, B. 1990. Responses of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) life stages to high carbon dioxide or low oxygen atmospheres. *J. Econ. Entomol.* 83:472-475.
- Soderstrom, E.L.; Brandl, D.G. y Mackey, B. 1991. Response of *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera:Tortricidae) adults and eggs to oxygen deficient or carbon dioxide enriched atmospheres. *J. Stored. Prod. Res.* 27:95-101.
- Soderstrom, E.L.; Brandl, D.G. y Mackey, B. 1992. High temperature combined with carbon dioxide enriched or reeduced oxygen atmospheres for control of *Tribolium castaneum* (Herbet) (Coleopterra: Tenebrionidae). *J. Stored Prod. Res.* 28:235-238.
- Soderstrom, E.L.; Brandl, D.G. y Mackey, B. 1996. High temperature alone and combined with controlled atmospheres for control of diapausing codling moth (Lepidoptera:Tortricidae) in walnuts. *J. Econ. Entomol.* 89:144-147.
- Sommer, N. F. y Mitchell, F. G. 1986. *Gamma Irradiation*-A quarantine treatment for fresh fruits and vegetables?. *HortScience* 21: 356-360.
- Spalding, D.H. y Windeguth, D.L. 1988. Quality and decay of mangoes. *Hortscience* 23:187-189.
- Stark, J.D. 1994. Chemical fumigants. En: Paull, R. E. y Armstrong J. W. (Eds.). *Insect Pests and Fresh Horticulture Products*. CAB International. Wallingford, UK.
- Stewart, J.K; Aharoni, Y; Hartsell, P.L; y Young, D.L. 1980. Symptoms of acetaldehyde injury on head lettuce. *HortScience* 15:148-149.

Whiting, C.D.; Foster, S.P. y Maindonald, J.H. 1991. Effects of oxygen, carbon dioxide and temperature on the mortality responses of *Epiphyas postvittana* (Lepidoptera: Tortricidae). J. Econ. Entomol. 84: 1544-1549.

Whiting, C.D.; Foster, S.P.; Van Den Heuvel y Maindonald, J.H. 1992. Comparative mortality responses for four tortricide (Lepidoptera) species to low oxygen-controlled atmosphere. J. Econ. Entomol. 85: 2305-2309.

Whiting, D.C.; O'Connor, G.M.; Maindonald, J.H. 1996. First instar mortalities of three New Zeland leafroller species (Lepidoptera: Tortricidae) exposed to controlled atmosphere treatments. Postharvest Biol. and Tech. 8:229-236.

Wills, R.B.H., McGlasson, W. B.; D. Graham, T.H. Lee y E.G. Hall. 1989. Postharvest. AVI, Van Nostrand Reinhold, New York. USA.

Yahia, E. 1995a. Uso de atmósferas modificadas y controladas como medio de conservación de la calidad de frutas y hortalizas. En: Simposio Internacional de Manejo Postcosecha y Perspectivas de Comercialización de Frutas y Hortalizas. Bogotá, Colombia. 17 págs.

Yahia, E. 1995b. Tolerancia del aguacate a niveles insecticidas de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. En: Simposio Internacional de Manejo Postcosecha y Perspectivas de Comercialización de Frutas y Hortalizas. Bogotá, Colombia. 9 págs.

Yahia, E. y Tiznado, H.M. 1993. Tolerance and responses of harvested mango to insecticidal low-oxygen atmospheres. HortScience. 28:1031-1033.

Yahia, E.M. y Vázquez-Moreno, L. 1993. Responses of mango to insecticidal oxygen and carbon dioxide atmospheres. Food Sci & Technol. 26: 42-48.

Yahia, E.M.; Ramos, M.; Ortega, D.; Sanitago, P. Y Lagunez, L. 1996. Respuesta del mango a tratamientoss térmicos. Tecnol. Aliment. (Mex.) 31:45.

Yost, H.J. y Lindquist, S. 1988. Translation of unspliced transcript after heat shock. Science 242:1544-1548.

Yu, Y-B; Adams, D.O. y Fa, S.Y. 1980. Inhibition of ethylene production by 2,4-Dinitrophenol and high temperature. Plant Physiol. 66: 286-290.

## IX. APENDICE

Cuadro A.1.1. Dieta artificial para cria de larvas de *Anastrepha obliqua* y *A. ludens*.

**Ingredientes:** 20 g de bagazo de caña o harina de zanahoria, 33 g de levadura de cerveza, 33 g de germen de trigo, 33 g de azúcar, 47 g de benzoato de sodio, 4 g de ácido clorhídrico, 2.5 mL de agua destilada (CP, 1994).

**Material:** Ingredientes seleccionados por control de calidad, mezcladora de acero inoxidable, báscula digital de 60 Kg, báscula granataria de 2.5 Kg, mesa de trabajo, tarja mezcladora de agua, depósito de agua de acero inoxidable, equipo esterilizador de agua de luz ultravioleta, equipo de protección para el personal (guantes antiácidos, mascarillas antipolvos y antiácidos, etc), campana extractora, cubeta de plástico de alta resistencia química, franela.

Ingredientes	Cantidades*	
	<i>A. obliqua</i>	<i>A. ludens</i>
Harina de maíz	8.20	5.30
Levadura seca inactiva	5.83	7.00
Polvo de olote molido	15.20	17.70
Azúcar	8.33	9.20
Goma Guar	0.10	0.10
Benzoato de sodio	0.23	0.40
Nípagin	0.11	0.20
Acido Clorhídrico	0.51	-
Agua	61.49	59.66
Acido cítrico	-	0.44
Total	100.00	6100.00

\* Pesos netos en Kg

**Procedimiento:**

1. Calibrar las básculas
2. Se pesan los ingredientes.
3. Vaciar los ingredientes en la mezcladora.
4. El orden de mezclado es el siguiente: azúcar y harina por 5 min, agregar la levadura, el nipagin, el benzoato de sodio, la goma guar y las vitaminas, se mezclan otros 5 min, se agrega el olote y se mezcla 5 min más.
5. Diluir el ácido clorhídrico en el agua esterilizada, se agrega a la mezcladora y se continua mezclando por 10 min, se agrega el agua sobrante y se deja mezclar por otros 25 min.
6. Después se transporta en material de acero inoxidable y se distribuye en las charolas para que sea infestada por los huevos.

**Bibliografía.**

Planta moscafrut. 1996. Manual de procedimientos de cría de *Anastrepha obliqua*, Dietas. Elaboración de la dieta larvaria. Tapachula, Chis. México.

Cuadro A.1.2.Peso (g) de frutos de mango Manila infestados

<i>A. obliqua</i>		<i>A. ludens</i>	
No. Fruto	Peso	No. Fruto	Peso
1	177.03	1	278
2	236.67	2	310
3	261.25	3	318
4	254.02	4	311
5	218.69	5	289
6	230.01	6	281
7	211.36	7	305
8	235.71	8	303
9	235.37	9	320
10	286.46	10	288
11	328.6	11	280
12	228.28	12	264
		13	269
		14	342
		15	278
		16	275
		17	302
		18	296
		19	305
		20	258
		21	242
		22	304
		23	275
		24	269
		25	276
		26	285
		27	325
		28	246
		29	272
		30	271
		31	298
		32	327

Cuadro A.1.3. Mortalidad de huevos de *A. ludens* expuestos a atmósferas controladas a 44°C

Atmósfera	No. de Rep.	Número de Huevos		Sobrevivencia (%)	Mortalidad Corregida(%)
		Inicial	Sobrevivencia		
Aire, 160 min.	4	314	0	0	100
Control	2	120	22	18.3	-
15% O <sub>2</sub> + 7% CO <sub>2</sub> , 120 min	6	1 529	71	4.6	62.6
15% O <sub>2</sub> + 21% CO <sub>2</sub> , 120 min	6	1 671	59	3.5	71.5
Control	4	1 208	148	12.3	-

Cuadro A.1.4. Mortalidad de larvas de *A. ludens* y *A. obliqua* expuestas a atmósferas controladas a 44°C.

Especie Atmósfera	No. de Rep.	Número de Larvas		Sobrevivencia (%)	Mortalidad Corregida(%)
		Inicial	Sobrevivencia		
<i>A. obliqua</i>					
Aire, 160 min	4	54	0	0	100
Control	2	30	17	56.6	-
<i>A. ludens</i>					
Aire, 160 min.	4	131	0	0	100
Control	2	60	48	80	-
15% O <sub>2</sub> + 7% CO <sub>2</sub> , 120 min	6	630	0	0	100
15% O <sub>2</sub> + 21% CO <sub>2</sub> , 120 min	6	569	0	0	100
Control	4	398	333	83.7	-

Cuadro A.1.5. Mortalidad de larvas de *A. ludens* y *A. obliqua* en mango Manila por atmósferas controladas a 44°C

Especie Atmósfera/Tiempo	No. de Rep.	Número de Larvas		Sobrevivencia (%)	Mortalidad Corregida(%)
		Inicial	Sobrevivencia		
<i>A. obliqua</i>					
Aire, 160 min	8	24	0	0	100
Control	4	12	8	66.6	33.3
<i>A. ludens</i>					
Aire, 160 min	8	48	0	0	100
Control	4	24	14	58.3	41.7
15% O <sub>2</sub> + 7% CO <sub>2</sub> , 120 min	12	72	0	0	100
15% O <sub>2</sub> + 21% CO <sub>2</sub> , 120 min	12	72	0	0	100
Control	8	48	21	43.8	56.2

Cuadro A.2.1. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por aire a 44°C por 160 min.

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio (%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(15-10-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	133	160	293	54,6	51.62 (6.8)	---
	2	115	91	206	44,2		
	3	51	68	119	57,1		
	Control	58	71	129	55		
<i>A. ludens</i>	1	85	126	211	59.7	662.72 (1.4)	14.35
	2	78	212	290	73.1		
	3	111	123	234	52.6		
	Control	103	128	231	55.4		
<b>Repetición (29-10-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	96	159	255	62,35	55.79 (7.7)	---
	2	132	118	250	47.2		
	3	204	142	246	57,7		
	Control	89	158	247			
<i>A. ludens</i>	1	87	173	260	66,5	73.17 (8.4)	---
	2	49	201	250	80,4		
	3	70	188	258	72,8		
	Control	47	224	271	82,7		

Los números entre paréntesis son la desviación estándar

Cuadro A.2.2. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por aire a 44°C por 160 min.

Especie	No. de Repetición	Pupas	Vivas	Muertas	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(15-10-97)</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	61	75	136	211	64,45	50,98 (22.7)	47.57
	2	143	143	47	190	24,74		
	3	56	66	116	182	63,74		
	Control	4	222	223	17	240		
<i>A. ludens</i>	1	180	195	44	239	18,41	18,38 (0.5)	8.35
	2	193	198	43	241	17,84		
	3	190	193	45	238	18,91		
	Control	4	234	244	30	274		
<b>Repetición (29-10-97)</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	85	117	73	190	38,40	37,10 (20.6)	36.59
	2	89	195	37	232	15,90		
	3	83	99	132	231	57,10		
	Control	4	108	247	2	249		
<i>A. ludens</i>	1	0	6	273	243	97,50	90.34 (10.6)	90.34
	2	0	48	208	256	81,25		
	3	0	53	183	236	77,50		
	Control	4	0	240	0	240		

Los números entre paréntesis son la desviación estándar

Cuadro A.2.3. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> a 44°C por 160 min.

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio (%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(15-10-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	100	163	263	62	54.15	---
	2	160	141	301	43,84	(7.5)	
	3	105	137	242	56,61		
	Control	83	167	250	66,8		
<i>A. ludens</i>	1	151	83	234	35.47	59.79	29.49
	2	46	238	284	83.80	(24.2)	
	3	109	164	273	60.1		
	Control	138	104	242	42.97		
<b>Repetición (29-10-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	167	224	391	57.29	59.77	34.60
	2	161	248	409	60.64	(2.18)	
	3	122	194	316	61.39		
	Control	187	117	304	38.49		
<i>A. ludens</i>	1	144	130	274	47.45	54.88	---
	2	113	151	264	57.20	(6.58)	
	3	118	177	295	60.00		
	Control	109	164	273	60.08		

Los números entre paréntesis son la desviación estándar

Cuadro A.2.4. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> a 44°C por 160 min.

Especie	No. de Repetición	Pupas	Vivas	Muertas	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(15-10-97)</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	54	18	174	246	70,73	71,15	54.23
	2	41	13	184	238	77,31	(5.96)	
	3	70	13	157	240	65,42		
	Control	4	135	9	91	235	38,72	38,72
<i>A. ludens</i>	1	7	33	213	246	86,59	84,02	83.88
	2	26	53	213	266	80,08	(3.46)	
	3	19	39	228	267	85,39		
	Control	4	228	238	2	240	0,83	0,83
<b>Repetición(29-10-97)</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	9	150	120	270	44,40	72,10	68.97
	2	25	56	168	199	84,40	(23.9)	
	3	14	30	210	240	87,50		
	Control	4	143	239	0	239	0,00	
<i>A. ludens</i>	1	0	25	250	275	90,90	90,90	90.90
	2	0	43	210	253	83,00	(7.9)	
	3	0	3	240	243	98,80		
	Control	4	3	243	0	243	0,00	

Los números entre paréntesis son la desviación estándar

Cuadro A.2.5. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por 13% O<sub>2</sub> + 20% CO<sub>2</sub> a 44°C por 160 min.

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio (%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(18-10-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1						
	2	No se utilizaron porque estaban emergiendo las larvas					
	3						
	Control						
<i>A. ludens</i>	1	5	125	130	96.2	95.1	56.25
	2	12	251	263	95.4	(1.25)	
	3	12	178	190	93.7		
	Control	19	151	170	88.8		
<b>Repetición (01-11-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	184	109	293	53,69	60.11	37.57
	2	151	191	296	64,5	(5.50)	
	3	103	169	272	62,13		
	Control	193	109	302	36.09		
<i>A. ludens</i>	1	64	210	274	76,6	65.43	22.66
	2	111	153	264	58	(9.83)	
	3	113	182	295	61,7		
	Control	112	151	273	55,3		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.6. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por 13% O<sub>2</sub> + 20% CO<sub>2</sub> a 44°C por 160 min.

Especie	No. de Repetición	Pupas	Vivas	Muertas	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>18-10-97</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	132	232	2	236	0.85	21.24	15.96
	2	81	161	81	242	33,47	(30.9)	
	3	72	140	72	245	29,39		
	Control	0	224	15	239	6,28		
<i>A. ludens</i>	1	55	95	104	199	52,26	68,66	11.79
	2	46	46	156	202	77,23	(14.2)	
	3	47	47	153	200	76,50		
	Control	65	70	127	197	64,47		
<b>Repetición (01-11-97)</b>								
<i>A. obliqua</i>	1.	27	27	199	226	88,10	90,95	90.87
	2	16	16	19	232	93,10	(2.57)	
	3	19	19	19	228	91,66		
	Control	181	240	240	242	0,83		
<i>A. ludens</i>	1	25	43	191	234	81,60	69.40	69.28
	2	27	45	168	213	78,90	(18.8)	
	3	89	108	99	207	47,80		
	Control	170	237	1	238	0,42		

Los números entre paréntesis son la desviación estándar

Cuadro A.2.7. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 44°C por 160 min.

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio (%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(18-10-97).</b>							
<i>A. obliqua</i>	1						
	2		No se utilizaron porque estaban emergiendo las larvas				
	3						
	Control						
<i>A. ludens</i>	1	1	214	215	99,53	97.39	94.72
	2	127	288	290	99,3	(3.50)	
	3	81	196	210	93,33		
	Control	123	126	249	50.60		
<b>Repetición (01-11-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	161	132	293	45.05	64.22	---
	2	155	141	296	47.63	(31.0)	
	3	0	272	272	100.00		
	Control	99	203	302	67.22		
<i>A. ludens</i>	1	0	265	265	100	90.18	86.38
	2	4	290	294	98,63	(15.8)	
	3	73	187	260	71,92		
	Control	204	79	283	27.92		

Los números entre paréntesis son la desviación estandard

Cuadro A.2.8. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 44°C por 160 min.

Especie	No. de Repetición	Pupas	Vivas	Muertas	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(18-10-97)</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	41	41	222	263	84.41	81.31	73.01
	2	43	63	215	278	90.28	(10.85)	
	3	67	67	151	218	69.26		
	Control	80	142	63	205	30,73		
<i>A. ludens</i>	1	41	41	158	199	79,40	71,19	59.19
	2	43	63	134	197	68,02	(7.17)	
	3	67	67	131	198	66,16		
	Control	80	144	60	204	29,41		
<b>Repetición (01-11-97)</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	20 <sup>a</sup>	20	242	242	100,00	96,00	95.30
	2	29 <sup>a</sup>	29	214	243	88,10	(6.9)	
	3	32 <sup>a</sup>	32	245	245	100,00		
	Control	144	202	35	237	17,80		
<i>A. ludens</i>	1	35 <sup>a</sup>	0	213	213	100,00	100,00	100.0
	2	30 <sup>a</sup>	0	230	230	100,00		
	3	45 <sup>a</sup>	0	250	252	100,00		
	Control	165	69	10	244	4,10		

Los números entre paréntesis son la desviación estandard a. Las pupas con tono café distinto del control se consideraron muertas

Cuadro A.2.9. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por aire a 48°C por 220 min.

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(05-11-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	18	266	284	93.66	81.29 (11.4)	67.78
	2	61	230	291	79.00		
	3	71	184	255	71.20		
	Control	159	114	273	41.75		
<i>A. ludens</i>	1	0	260	260	100.00	95.91 (7.9)	86.30
	2	35	250	285	87.72		
	3	0	263	263	100.00		
	Control	76	178	254	70.08		
<b>Repetición (08-11-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	162	115	277	41.52	78.09 (32.0)	71.58
	2	20	256	276	92.75		
	3	0	262	262	100.00		
	Control	212	63	275	22.91		
<i>A. ludens</i>	1	0	264	264	100.00	86.85 (22.8)	78.93
	2	114	175	289	60.55		
	3	0	202	202	100.00		
	Control			254			

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.10. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por aire a 48°C por 220 min.

Especie	No. de Repetición	Pupas	Vivas	Muertas	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(05-11-97).</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	5		249	254	98.03	98.22 (0.9)	98.12
	2	2		260	262	99.24		
	3	8		300	308	97.40		
	Control	89	237	12	249	4.82		
<i>A. ludens</i>	1	0		255	255	100,00	100.00	100.00
	2	0		263	263	100,00		
	3	0		316	316	100,00		
	Control	0	236	42	276			
<b>Aire a 48°C por 220 min. (08-11-97). Repetición</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	0			253	100.00	100.00	100.00
	2	0			241	100.00		
	3	0			246	100.00		
	Control	0	255	1	256	99.60		
<i>A. ludens</i>	1	0			245	100.00	100.00	100.00
	2	0			250	100.00		
	3	0			252	100.00		
	Control		240	2	242	99.18		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.11. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 48°C por 220 min.

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(05-11-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	93	213	306	69.61	86.18 (25.4)	72.76
	2	0	291	291	100.00		
	3	32	257	289	88.93		
	Control	136	132	268	49.26		
<i>A. ludens</i>	1	115	151	266	56.77	71.13 (17.6)	59.26
	2	0	247	247	100.00		
	3	112	140	252	56.68		
	Control	180	74	254	29.13		
<b>(09-11-97) Repetición</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	15	269	284	94.72	85.09 (19.8)	79.60
	2	99	164	263	62.36		
	3	5	274	279	98.21		
	Control	214	79	293	26.97		
<i>A. ludens</i>	1	0	295	295	100.00	98.27 (2.97)	97.74
	2	16	292	308	94.81		
	3	0	237	237	100.00		
	Control	211	65	296	23.55		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.12. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 48°C por 220 min.

Especie	No. de Repetición	Pupas	Vivas	Muertas	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(05-11-97)</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	12	0	250	250	100.00	100.00	100.00
	2	10	0	258	258	100.00		
	3	14	0	231	231	100.00		
	Control	95	239	12	251	4.78		
<i>A. ludens</i>	1	0				100.00	100.00	100.00
	2	0				100.00		
	3	0				100.00		
	Control	0	267	6	273	2.2		
<b>(09-11-97). Repetición.</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	0		272	272	100.00	100.00	100.00
	2	0		248	248	100.00		
	3	0		249	249	100.00		
	Control		224	26	252	88.89		
<i>A. ludens</i>	1	0			250	100.00	100.00	100.00
	2	0			245	100.00		
	3	0			240	100.00		
	Control	85	250	2	252	79.36		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.13. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 48°C por 160 min

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(05-11-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	0	289	289	100.00	100.00	100.00
	2	0	253	253	100.00		
	3	0	252	252	100.00		
	Control	142	145	287	49.48		
<i>A. ludens</i>	1	127	120	247	48.58	71.18 (26.3)	32.32
	2	104	193	297	64.98		
	3	0	254	254	100.00		
	Control	124	167	291	57.4		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.14. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 48°C por 160 min

Especie	No. de Repetición	Pupas	Vivas	Muertas	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(05-11-97)</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	29	0	248	248	100.00	99.86 (0.2)	99.86
	2	28	0	253	253	100.00		
	3	19	1	243	244	99.59		
	Control	63	165	0	228	0.00		
<i>A. ludens</i>	1	0	0	262	262	100.00	100.00	100.00
	2	0	0	250	250	100.00		
	3	0	0	250	250	100.00		
	Control	0	260	0	269	3.35		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.15. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por aire a 51°C por 240 min.

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio (%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(10-12-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	21	230	251	91.63	76.36 (27.84)	54.31
	2	17	234	251	93.22		
	3	145	115	260	44.23		
	Control	134	125	259	48.26		
<i>A. ludens</i>	1	0	256	256	100	100.00	100.00
	2	0	266	256	100		
	3	0	256	256	100		
	Control	206	46	252	18.25		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.16. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por aire a 51°C por 240 min.

Especie	No. de Repetición	Pupas	Vivas	Muertas	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(10-12-97)</b>								
<i>A. obliqua</i>	1			272	272	100.00	100.00	100.00
	2			252	252	100.00		
	3			254	254	100.00		
	Control	71	190	7	278	2.5		
<i>A. ludens</i>	1			249	249	100.00	100.00	100.00
	2			273	273	100.00		
	3			240	240	100.00		
	Control		237	3	240	1.25		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.17. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 51°C por 240 min.

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio (%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(10-12-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	35	226	261	86.59	75.81 (11.46)	62.50
	2	100	176	276	63.77		
	3	64	215	279	77.06		
	Control	165	91	256	35.5		
<i>A. ludens</i>	1	101	162	263	61.6	80.8 (23.52)	75.76
	2	0	263	263	100		
	3	0	273	273	100		
	Control	202	53	255	20.78		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.18. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 51°C por 240 min

Especie	No. de Repetición	Pupas	Vivas	Muertas	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(10-12-97)</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	0	0	252	252	100.00	100.00	100.00
	2	0	0	260	260	100.00		
	3	0	0	263	263	100.00		
	Control	62	250	9	259	3.5		
<i>A. ludens</i>	1	0		250	250	100.00	100.00	100.00
	2	1*		250	250	100.00		
	3	1*		256	256	100.00		
	Control	8	268		276	0		

\* Muertas. Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.19. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por aire a 52°C por 240 min.

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio (%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(13-12-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	0	264	264	100.00	100.00	100.00
	2	0	283	283	100.00		
	3	0	284	284	100.00		
	Control	116	145	261	55.56		
<i>A. ludens</i>	1	0	264	264	100.00	100.00	100.00
	2	0	267	267	100.00		
	3	0	267	267	100.00		
	Control	116	154	270	57.0		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.20. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por aire a 52°C por 240 min.

Especie	No. de Repetición	Pupas	Vivas	Muertas	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(13-12-97)</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	0	0	250	250	100.00	100.00	100.00
	2	0	0	250	250	100.00		
	3	0	0	255	255	100.00		
	Control	11	260	4	264	1.2		
<i>A. ludens</i>	1	0	0	251	251	100.00	100.00	100.00
	2	0	0	252	252	100.00		
	3	0	0	250	250	100.00		
	Control	5	250	1	250	0.4		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.21. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 52°C por 240 min

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio (%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(13-12-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	99	166	265	37.35	66.2 (31.61)	35.98
	2	0	279	279	100.00		
	3	111	176	287	61.3		
	Control	158	141	299	47.2		
<i>A. ludens</i>	1	0	100	333	100.00	100.00	100.00
	2	0	100	266	100.00		
	3	0	100	306	100.00		
	Control	115	173	288	60.1		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.22. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 52°C por 240 min

Especie	No. de Repetición	Pupas	Vivas	Muertas	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(13-12-97)</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	0	0	258	258	100.00	100.00	100.00
	2	0	0	250	250	100.00		
	3	0	0	250	250	100.00		
	Control	4	264	1	265	0.35		
<i>A. ludens</i>	1	0	0	260	260	100.00	100.00	100.00
	2	0	0	252	252	100.00		
	3	0	0	252	252	100.00		
	Control	9	258	7	265	2.64		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.23. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por aire a 54°C por 240 min.

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio (%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(17-12-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	0		286	100.00	100.00	100.00
	2	0		262	100.00		
	3	0		262	100.00		
	Control	48	222	274	81.02		
<i>A. ludens</i>	1	0	257	257	100.00	100.00	100.00
	2	0	262	262	100.00		
	3	0	258	258	100.00		
	Control	214	51	265	19.25		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.24. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por aire a 54°C por 240 min.

Especie	No. de Repetición	Pupas	Vivas	Muertas	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(17-12-97)</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	0	0	100	100	100.00	100.00	100.00
	2	0	0	150	150	100.00		
	3	0	0	100	100	100.00		
	Control	5	166	0	171	0.00		
<i>A. ludens</i>	1	0	0	244	244	100.00	100.00	100.00
	2	0	0	256	256	100.00		
	3	0	0	250	250	100.00		
	Control	0	251	1	252	0.39		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.25. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 54°C por 240 min

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio (%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(17-12-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	30	236	266	88.72	94.36 (6.91)	74.53
	2	0	286	286	100.00		
	3	0	307	307	100.00		
	Control	60	211	271	77.86		
<i>A. ludens</i>	1	0	278	278	100.00	100.00	100.00
	2	0	285	285	100.00		
	3	0	285	285	100.00		
	Control	268	64	332	19.28		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.26. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 54°C por 240 min

Especie	No. de Repetición	Pupas	Vivas	Muertas	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio (%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(17-12-97)</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	0	0	100	100	100.00	100.00	100.00
	2	0	0	150	150	100.00		
	3	0	0	150	150	100.00		
	Control	6	155	1	156	0.64		
<i>A. ludens</i>	1	0	0	250	250	100.00	100.00	100.00
	2	0	0	250	250	100.00		
	3	0	0	250	250	100.00		
	Control	0	259	1	260	0.38		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.27. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por aire a 55°C por 240 min.

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio (%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(20-12-97)</b>							
<i>A. obliqua</i>	1	0	278	278	100.00	100.00	100.00
	2	0	277	277	100.00		
	3	0	265	265	100.00		
	Control	179	76	255	29.81		
<i>A. ludens</i>	1	0	269	269	100.00	100.00	100.00
	2	0	253	253	100.00		
	3	0	253	253	100.00		
	Control	179	112	291			

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.28. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por aire a 55°C por 240 min.

Especie	No. de Repetición	Pupas	Vivas	Muertas	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(20-12-97)</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	0	0			100.00	100.00	100.00
	2	0	0			100.00		
	3	0	0			100.00		
	Control	166	25	4	255	1.57		
<i>A. ludens</i>	1	0	0			100.00	100.00	100.00
	2	0	0			100.00		
	3	0	0			100.00		
	Control	166	255	5	260	1.92		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.29. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 55°C por 240 min

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<i>A. obliqua</i>	1	0	264	264	100.00	100.00	100.00
	2	0	257	257	100.00		
	3	0	261	261	100.00		
	Control	163	124	292	42.46		
<i>A. ludens</i>	1	0	252	252	100.00	100.00	100.00
	2	0	260	260	100.00		
	3	0	254	254	100.00		
	Control	197	118	315	37.5		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.30. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 55°C por 240 min

Especie	No. de Repetición	Pupas	Vivas	Muertas	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Promedio(%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(20-12-97)</b>								
<i>A. obliqua</i>	1	0	0	260	260	100.00	100.00	100.00
	2	0	0	241	241	100.00		
	3	0	0	250	250	100.00		
	Control	10	247	3	250	1.20		
<i>A. ludens</i>	1	0	0	248	248	100.00	100.00	100.00
	2	0	0	248	248	100.00		
	3	0	0	244	244	100.00		
	Control	9	276	0	276	0		

Los números entre paréntesis son la desviación estandar

Cuadro A.2.31. Mortalidad de huevos y larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 40°C por 240 min

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Corregida (%)
<b>(25-03-98)</b>		Huevos				
<i>A. obliqua</i>	1	140	159	299	53.18	48.78
	2	161	127	288	44.10	38.84
	3	186	182	368	49.46	44.71
	Control	266	25	291	8.59	
<i>A. ludens</i>	1	201	78	279	27.96	24.38
	2	172	134	306	43.79	41.00
	3	228	58	286	20.28	16.32
	Control	302	15	317	4.73	
		Larvas				
<i>A. obliqua</i>	1	0	250	250	100.00	100.00
	2	0	250	250	100.00	100.00
	3	0	297	297	100.00	100.00
	Control	230	13	243	5.35	
<i>A. ludens</i>	1	0	253	253	100.00	100.00
	2	0	248	248	100.00	100.00
	3	0	270	270	100.00	100.00
	Control	215	32	247	12.96	

Cuadro A.2.32. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 44°C por 80, 160 y 240 min

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Corregida (%)
		80 min				
(14-03-98)						
<i>A. obliqua</i>	1	155	119	274	43.43	29.43
	2	194	60	254	23.62	4.71
	3	139	121	260	46.54	33.30
	Control	206	51	257	19.84	
<i>A. ludens</i>	1	198	58	256	22.66	1.28
	2	222	84	306	27.45	7.40
	3	179	86	265	32.45	13.79
	Control	228	63	291	21.65	
		160 min				
(25-03-98)						
<i>A. obliqua</i>	1	234	32	266	12.03	16.43
	2	132	168	300	56.00	41.76
	3	140	158	298	53.02	37.82
	Control	238	77	315	24.44	
<i>A. ludens</i>	1	191	115	306	37.58	32.68
	2	17	307	324	94.75	94.34
	3	210	92	302	30.46	25.01
	Control	293	23	316	7.28	
		240 min				
(14-03-98)						
<i>A. obliqua</i>	1	153	106	259	40.93	31.95
	2	151	110	261	42.15	33.35
	3	0	255	255	100.00	100.00
	Control	250	38	288	13.19	
<i>A. ludens</i>	1	0	269	269	100.00	100.00
	2	109	187	296	63.18	55.11
	3	0	282	282	100.00	100.00
	Control	210	46	256	17.97	

Cuadro A.2.33. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 44°C por 80, 160 y 240 min

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Corregida (%)
80 min						
<i>A. obliqua</i>	1	45	51	96	53.13	47.13
	2	49	47	96	48.96	42.43
	3	4	102	106	96.23	95.74
	Control	134	17	150	11.33	
<i>A. ludens</i>	1	168	79	247	31.98	31.71
	2	102	136	238	57.14	56.97
	3	31	185	216	85.65	85.59
	Control	244	1	245	0.41	
160 min						
<i>A. obliqua</i>	1	0	245	245	100	100.00
	2	0	250	250	100	100.00
	3	0	250	250	100	100.00
	Control	210	18	228	7.89	
<i>A. ludens</i>	1	2	250	252	99.21	99.00
	2	3	219	222	98.65	98.30
	3	4	243	247	98.38	97.96
	Control	203	53	256	20.7	
240 min						
<i>A. obliqua</i>	1	0	238	238	100.00	100.00
	2	1	127	147	86.39	86.17
	3	0	189	189	100.00	100.00
	Control	184	3	187	1.60	
<i>A. ludens</i>	1	4	239	243	98.35	98.34
	2	0	246	246	100.00	100.00
	3	1	246	248	99.19	99.19
	Control	210	2	212	0.94	
240 min						
<i>A. obliqua</i>	1	0	303	303	100	100
	2	0	301	301	100	100
	3	0	299	299	100	100
	Control	255	63	318	3.18	
<i>A. ludens</i>	1					
	2					
	3					
	Control					No hubo muestras

Cuadro A.2.34. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 48°C por 80, 160 y 240 min

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Corregida (%)
80 min						
18-03-98						
<i>A. obliqua</i>	1	117	152	269	56.51	44.49
	2	197	70	267	26.22	5.84
	3	97	164	261	62.84	52.57
	Control	210	58	268	21.64	
<i>A. ludens</i>	1	220	82	292	28.08	16.83
	2	230	27	257	10.51	3.49
	3	217	28	245	11.43	2.42
	Control	211	33	244	13.52	
160 min						
<i>A. obliqua</i>	1	0	289	289	100.00	100.00
	2	0	253	253	100.00	100.00
	3	0	252	252	100.00	100.00
	Control	142	145	287	50.52	
<i>A. ludens</i>	1	127	120	247	48.58	20.66
	2	104	193	297	64.98	17.82
	3	0	254	254	100.00	100.00
	Control	124	167	291	57.37	
240 min						
(18-03-98)						
<i>A. obliqua</i>	1	0	266	266	100.00	100.00
	2	13	241	254	94.88	86.08
	3	68	209	277	75.45	33.22
	Control	172	100	272	36.76	
<i>A. ludens</i>	1	182	97	279	34.77	26.27
	2	0	298	298	100.00	100.00
	3	48	247	295	83.73	81.61
	Control	192	25	217	11.52	

Cuadro A.2.35. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 48°C por 80, 160 y 240 min

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Corregida (%)
80 min						
<i>A. obliqua</i>	1	4	242	246	98.37	98.30
	2	2	256	258	99.22	99.19
	3	4	243	247	98.38	98.31
	Control	234	10	244	4.10	
<i>A. ludens</i>	1	33	217	250	86.80	86.47
	2	28	228	256	89.06	88.79
	3	44	210	254	82.68	82.24
	Control	240	6	246	2.44	
160 min						
<i>A. obliqua</i>	1	0	248	248	100.00	100.00
	2	0	253	253	100.00	100.00
	3	1	243	244	99.59	99.59
	Control	165	0	228	0.00	
<i>A. ludens</i>	1	0	262	262	100.00	100.00
	2	0	250	250	100.00	100.00
	3	0	250	250	100.00	100.00
	Control	260	0	269	0.00	
240 min						
<i>A. obliqua</i>	1	14	235	259	90.73	89.92
	2	11	236	247	95.55	95.16
	3	19	232	251	92.43	91.77
	Control	240	21	261	8.05	
<i>A. ludens</i>	1	40	216	256	84.38	84.38
	2	73	173	246	70.33	70.33
	3	50	208	258	80.62	80.62
	Control	242	0	242	0.00	

Cuadro A.2.36. Mortalidad de huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 50°C por 80, 160 y 240 min

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Corregida (%)
80 min						
<i>A. obliqua</i>	1	0	271	271	100.00	100.00
	2	0	304	304	100.00	100.00
	3	0	278	278	100.00	100.00
	Control	230	22	352	6.25	
<i>A. ludens</i>	1	0	262	262	100.00	100.00
	2	0	283	283	100.00	100.00
	3	0	275	275	100.00	100.00
	Control	224	282	282	20.57	
160 min						
<i>A. obliqua</i>	1	0	264	264	100.00	100.00
	2	0	290	290	100.00	100.00
	3	49	230	279	82.44	76.05
	Control	220	80	300	26.67	
<i>A. ludens</i>	1	0	256	256	100.00	100.00
	2	0	305	305	100.00	100.00
	3	91	191	281	67.97	58.28
	Control	205	62	267	23.22	
240 min						
<i>A. obliqua</i>	1	0	264	264	100.00	100.00
	2	0	257	257	100.00	100.00
	3	0	261	261	100.00	100.00
	Control	168	124	292	42.46	
<i>A. ludens</i>	1	0	252	252	100.00	100.00
	2	0	260	260	100.00	100.00
	3	0	254	254	100.00	100.00
	Control	197	118	315	37.50	

Cuadro A.2.37. Mortalidad de larvas de *A. obliqua* y *A. ludens* por 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a 50°C por 80, 160 y 240 min

Especie	No. de Repetición	Vivos	Muertos	Total	Mortalidad (%)	Mortalidad Corregida (%)
80 min						
<i>A. obliqua</i>	1	0	291	291	100.00	100.00
	2	0	311	311	100.00	100.00
	3	0	305	305	100.00	100.00
	Control	259	52	301	17.28	
<i>A. ludens</i>	1					
	2					
	3					
	Control					
160 min						
<i>A. obliqua</i>	1	0	252	252	100.00	100.00
	2	0	250	250	100.00	100.00
	3	0	250	250	100.00	100.00
	Control	243	25	268	9.33	
<i>A. ludens</i>	1	0	249	249	100.00	100.00
	2	0	245	245	100.00	100.00
	3	0	262	262	100.00	100.00
	Control	227	250	250	9.20	
240 min						
<i>A. obliqua</i>	1	0	260	260	100.00	100.00
	2	0	241	241	100.00	100.00
	3	0	250	250	100.00	100.00
	Control	247	3	250	1.20	
<i>A. ludens</i>	1	0	248	248	100.00	100.00
	2	0	248	248	100.00	100.00
	3	0	248	244	100.00	100.00
	Control	276	244	276	0.00	

### Cuadro A.3.1. dieta artificial para alimentacion de adultos de *Anastrepha*.

**Ingredientes:** Proteína hidrolizada, azúcar, secante.

**Material:** Ingredientes seleccionados por control de calidad, 20 charolas de fibra de vidrio de 7.7 x 4.7 x 5.0 cm, 40 lienzos de papel estraza de 30 mm x1.0 cm, 20 moldes de lámina de 24 secciones, 1 atomizador de plástico de 1.0 L, 1 estante metálico, 1 báscula, 1 deshumidificador, 1 ventilador de pedestal, 1 bidón de plástico, 1 mascarilla antipolvos.

Ingredientes	Cantidades*
Proteína hidrolizada	1.625
Azúcar	4.875
Secante	0.106
* Pesos netos en Kg	

#### Procedimiento:

1. Se pesa la proteína, el azúcar y el secante para una charola de 24 pastelillos. La relación de proteína es 1:3.
2. Se extienden dos tiras de papel estraza de 0.30 x 1.0 m en el fondo de la charola, que evitará que se pegue la proteína y el azúcar.
3. Los ingredientes se depositan en el bidón; se coloca la tapa del bidón, asegurandose que quede perfectamente cerrado.
4. Se agita el bidón para que los ingredientes se mezclen por tres min.
5. Después se vacía el contenido en la charola de fibra de vidrio.
6. Se colocan los 6.5 Kg de la mezcla de proteína y azúcar hasta el nivel predeterminado de la charola y se rasa.
7. Una vez rasada la mezcla se coloca el molde para dividir en 24 partes el contenido de la charola que cada una representa 1 pastelillo.
8. El procedimiento anterior se repite para cada charola que se prepara.
9. Al concluir de llenar las charolas se colocan en el estante especial para ello, ubicado en el cuarto de dieta para adultos, dentro del .area de la colonia, se pone a funcionar el ventilador para que el alimento se compacte al humedecerse la mezcla.
10. Las charolas permanecen 24 h en el estante y en seguida se introduce un deshumidificador al cuarto por espacio de 24 h.
11. Transcurridas las 48 h el alimento debe estar completamente compactado.

#### Bibliografía.

Planta moscafrut. 1996. Manual de procedimientos de cría de *Anastrepha obliqua*, Dietas. Elaboración de la dieta larvaria. Tapachula, Chis. México.

Cuadro A.3.2. Peso promedio del fruto de mango Manila infestados y mortalidad observada de larvas de *A. obliqua* expuestas a 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min.

Temperatura (°C)	Rep.	Frutos		No. De larvas			Mort. obs. (%)
		Total	Peso Prom (g)	Total	Vivas	Muertas	
35°C	1	25	160.64	495	0	495	100.00
	2	25	186.56	472	0	472	100.00
	Control	20	167.99	394	55	339	86.04
37°C	1	25	198.84	257	0	257	100.00
	2	25	176.77	250	0	250	100.00
	Control	20	185	198	17	181	91.41
39°C	1	25	173.69	489	0	489	100.00
	2	25	189.64	501	0	501	100.00
	Control	20	178.43	376	82	294	78.19
40°C	1	25	155.18	511	0	511	100.00
	2	25	184.84	501	0	501	100.00
	Control	20	178.23	376	94	282	75.00
40°C	1	25	187.15	466	0	466	100.00
	2	25	179.85	463	0	463	100.00
	Control	20	190.59	428	164	264	61.68
42°C	1	23	184.22	477	0	477	100.00
	2	23	175.63	495	0	495	100.00
	Control	23	172.5	372	30	342	91.94
43°C	1	23	179.31	466	0	466	100.00
	2	24	180.94	463	0	463	100.00
	Control	22	187.08	398	54	334	83.92
44°C	1	22	163.33	227	0	227	100.00
	2	22	163.2	196	0	196	100.00
	Control	29	177.56	265	200	65	24.53
45°C	1	23	257.39	451	0	451	100.00
	2	23	197.01	464	0	464	100.00
	Control	23	203.87	449	396	53	11.80
46°C	1	23	191.57	400	0	400	100.00
	2	23	196.64	431	0	431	100.00
	Control	23	203.3	347	44	303	87.32
47°C	1	23	168.41	207	0	207	100.00
	2	24	173.28	217	0	217	100.00
	Control	26	190.39	264	154	110	41.67
48°C	1	24	155.43	236	0	236	100.00
	2	24	174.36	233	0	233	100.00
	Control	25	186.34	270	154	116	42.96
49°C	1	23	193.5	461	0	461	100.00
	2	23	200.72	473	0	473	100.00
	Control	23	195.81	470	401	69	14.68

Cuadro A.3.3. Peso promedio del fruto de mango Manila infestados y mortalidad observada de larvas de *A. ludens* expuestas a 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min.

Temperatura (°C)	Rep.	Frutos		No. De larvas		Mort. obs. (%)	
		Total	Peso Prom (g)	Total	Vivas		Muertas
35°C	1	24	185.03	458	1	457	99.78
	2	24	179.53	490	7	483	98.57
	Control	22	182.45	391	227	164	41.94
37°C	1	26	189.5	248	0	248	100.00
	2	26	170.1	250	0	250	100.00
	Control	20	172	191	36	155	81.15
39°C	1	25	198.84	504	12	492	97.62
	2	25	176.77	484	0	484	100.00
	Control	20	185	346	126	220	63.58
40°C	1	23	189.85	495	0	495	100.00
	2	24	158.69	499	0	499	100.00
	Control	22	170.65	375	154	121	32.27
40°C	1	25	184.96	449	0	449	100.00
	2	25	184.65	448	0	448	100.00
	Control	20	207.41	421	229	192	45.61
42°C	1	24	179.5	465	0	465	100.00
	2	23	180.64	446	0	446	100.00
	Control	22	179.36	390	182	208	53.33
43°C	1	23	184.7	446	0	446	100.00
	2	23	193.14	465	0	465	100.00
	Control	23	179.04	443	237	206	46.50
44°C	1	24	160.54	220	0	220	100.00
	2	24	166.59	222	0	222	100.00
	Control	25	165.93	268	202	66	24.63
45°C	1	23	188.71	446	0	446	100.00
	2	24	202.83	463	0	463	100.00
	Control	22	204.39	447	391	56	12.53
46°C	1	23	189.52	440	0	440	100.00
	2	23	197.68	459	0	459	100.00
	Control	23	203.76	471	396	74	15.71
47°C	1	23	163.23	224	0	224	100.00
	2	22	165.14	212	0	212	100.00
	Control	28	177.35	281	187	94	33.45
48°C	1	24	168.49	230	0	230	100.00
	2	24	174.69	218	0	218	100.00
	Control	25	180.13	269	163	106	39.41
49°C	1	23	190.2	452	0	452	100.00
	2	23	192.52	432	0	432	100.00
	Control	23	203.55	462	343	119	25.76

Cuadro A.3.4. Peso promedio de frutos de mango Manila infestados con larvas de *A. obliqua* y *A. ludens*, expuestos a 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min.

Temperatura (°C)		<i>A. obliqua</i>			<i>A. ludens</i>		
		Total	Control	Tratados	Total	Control	Tratados
45	No. de Frutos	96	31	65	96	31	65
	Promedio (g)	176.03	173.19	177.39	176.02	165.78	180.46
44	No. de Frutos	96	31	66	96	32	64
	Promedio (g)	181.59	177.40	183.69	177.30	179.70	176.10
43	No. de Frutos	85	31	57	85	32	53
	Promedio (g)	174.43	183.20	170.69			186.22
42	No. de Frutos	85	29	56	85	29	56
	Promedio (g)	180.65	187.07	177.34	170.67	176.100	167.86
40	No. de Frutos	79	26	53	79	26	53
	Promedio (g)	188.75	188.60	188.82	195.90	207.17	191.90
39	No. de Frutos	79	26	53	81	25	56
	Promedio (g)	185.61	190.22	183.35	185.69	193.10	182.38

Cuadro A.3.5. Peso promedio de frutos de mango Manila infestados con huevos de *A. obliqua* y *A. ludens* expuestos a 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min.

Temperatura (°C)		<i>A. obliqua</i>			<i>A. ludens</i>		
		Total	Control	Tratados	Total	Control	Tratados
43	No. de Frutos	104	36	69	104	34	70
	Promedio (g)	170.8	167.2	172.7	174.0	177.8	172.2
42	No. de Frutos	104	35	69	104	35	69
	Promedio (g)	174.1	172.8	174.8	177.0	182.0	174.5
40	No. de Frutos	82	30	52	82	29	53
	Promedio (g)	197.0	195.9	197.6	187.2	190.2	185.6
39	No. de Frutos	82	26	56	82	27	55
	Promedio (g)	191.4	204.8	185.1	185.5	191.4	182.7
37	No. de Frutos	65	24	41	65	21	44
	Promedio (g)	205.3	211.0	202.0	202.1	200.3	202.9
43 Aire	No. de Frutos	65	24	41	65	23	42
	Promedio (g)	204.4	234.9	186.5	209.7	210.1	209.5

Cuadro A.4.1 Pesos de frutos de mango Manila expuestos a 0% O<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> a diversas temperaturas por 160 min.

No. de Fruto	Temperatura (°C)								
	40	42	43	44	45	46	47	48	49
1	131.55	141.43	139.66	230.54	132.29	139.79	137.56	101.49	157.21
2	176.92	172.76	176.11	229.02	155.7	155.68	173.44	138.19	146.71
3	168.78	176.93	149.36	224.18	187.74	202.56	140.66	141.33	176.93
4	184.13	179.8	184.9	184.24	167.23	174.84	173.98	157.88	179.23
5	155.56	170.85	172.6	175.35	213.52	199.43	168.21	164.74	157.04
6	234.54	187.06	206.61	181.16	174.7	203.02	198.12	169.62	168.27
7	203.78	182.78	185.59	194.59	240.7	226.33	194.51	223.04	241.07
8	223.42	181.41	222.92	191.08	204.99	238.18	191.22	186.74	207.9
9	225.87	185.95	178.38	142.11	211.39	240.9	213.24	178.95	183.62
10	244.85	312.71	244.72	133.29	249.12	245.9	248.90	246.01	244.17
11	152.74	131.8							147.22
12	141.04	110.58							154.27
13	155.79	169.57	128.92	171.78	171.02	130.4	156.78	115.56	188.93
14	194.05	196.1	149.69	162.90	151.39	148.05	136.16	134.13	168.78
15	195.22	175.03	176.35	176.94	186.54	171.61	131.84	138.97	189.8
16	201.4	191.56	153.75	178.07	187.72	173.26	153.12	193.33	192.83
17	189.45	191.12	166.04	159.51	175.11	199.65	195.87	274.85	229.27
18	184.16	204.59	218.17	135.58	180.78	214.7	178.89	164.41	223.81
19	183.69	198.19	169.96	160.80	215.56	203.27	196.67	175.40	198.38
20	276.08	243.88	174.68	177.64	215.9	242.27	187.00	205.93	245.12
21	135.99	131.44	189.07	188.67	242.59	234.16	250.19	192.96	140.77
22	130.02	155.96	233.48	124.04	244.15	240.6	286.68	180.90	150.34
23	169.81	173.62	140.08	263.16	166.72	123.44	164.93	134.41	183.95
24	167.49	179.85	136.95	139.34	159.25	113.17	161.91	123.90	149.57
25	166.91	174.27	150.05	165.04	179.81	159.59	122.76	150.39	189.33
26			157.76	190.92	204.42	189.49	175.27	164.91	
27	213.58	192.4	167.57	141.50	185.29	187.51	164.38	223.95	212.62
28	182.68	185.83	220.42	140.88	187.12	193.22	167.33	160.00	234.5
29	195.03	170.44	190.99	170.15	215.04	212.46	188.47	160.82	238.2
30	190.38	178.21	201.5	135.94	216.97	220.99	173.59	171.63	214.65
31	293.26	244.24	172.25	133.78	245.72	220.54	224.65	190.00	268.2
32	119.18	160.8	227.86	118.46	248.94	258.7	268.77	300.52	152.89
33	154.2	148.62		281.91	149.80	149.3	177.95	142.24	141.3
34	158.37	172.77	149.67	123.70	150.12	142.42	136.02	122.02	191.79
35	155.71	148.12	134.54	186.27	167.90	159.55	141.81	131.24	181.7
36	142.68	176.15	167.96	184.28	184.98	193.35	175.12	160.30	192.46
37			184.56	176.86	195.14	189.39		177.33	
38	181.89	158.05	168.57				175.35		212.91
39	194.98	187.54		171.94	235.35	216.57	162.93	142.18	216.69
40	169.4	202.58	181.58	154.33	228.45	253.54	190.5	160.07	197.02
41	182.34	175.74	196	169.33	224.09	196.86	199.45	170.10	214.54
42	264.41	228.3	180.58	178.42	231.47	236.33	242.93	214.59	210.98
43	107.4	148.12	185.68	210.86	263.65	261.38	186.7	308.92	256.83
44	164.11	133.45	226.2	120.36	166.82	147.01	134.81	139.28	127.15
45	185.2	175.6	134.63	194.25	185.98	183.33	116.41	123.05	182.19
46	149	173.15	118.53	198.60	166.30	172.33	174.15	127.59	171.24
47	166.58	148.7	167.3	131.48	182.82	184.55	155.61	149.23	183.46
48	181.3	150.73	183.81	167.15	169.34	172.99	174.14	175.85	191.04
49	207.82	190.08	190.34	162.23	226.80	211.97	206.57	184.85	216.78
50	189.48	180.47	150.11	189.83	239.47	222.85	152.68	164.28	237.15
51	273.69	227	200.84	123.71	205.79	195.03	184.7	161.90	225.24
52	259.05	264.25	201.17	121.73	238.02	217.98	255.56	202.01	250.33
53			224.66	131.92	266.01	245.59		240.41	