

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades  
Departamento de Ciencias Agrícolas

Influencia del tratamiento térmico, temperatura de  
almacenamiento y tiempo de almacenamiento en la  
calidad del mango 'Tommy Atkins'

Trabajo de investigación presentado por María Elena  
Monzón Sosa para optar al grado académico de Licenciado  
en Ciencias Agrícolas

Guatemala  
2001



Influencia del tratamiento térmico, temperatura de almacenamiento y tiempo de almacenamiento en la calidad del mango 'Tommy Atkins'

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades  
Departamento de Ciencias Agrícolas

Influencia del tratamiento térmico, temperatura de  
almacenamiento y tiempo de almacenamiento en la  
calidad del mango 'Tommy Atkins'

Trabajo de investigación presentado por María Elena  
Monzón Sosa para optar al grado académico de Licenciado  
en Ciencias Agrícolas

Guatemala  
2001

Vo. Bo. :

(f) \_\_\_\_\_

Fernando Maul, Ph.D.

Tribunal:

(f) \_\_\_\_\_

Fernando Maul, Ph.D.

(f) \_\_\_\_\_

Ing. César Castañeda

(f) \_\_\_\_\_

Guillermo Sánchez, Ph.D.

Fecha de aprobación: Guatemala, 20 de diciembre 2001.

## AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a mi profesor de tesis, Dr. Fernando Maul, por la guía, ayuda y consejos para poder escribir y completar esta tesis. Agradezco que él me haya introducido al tema y el haber podido aprender detalles sobre el área de la poscosecha, un área de estudio importante con un potencial obligatorio para el futuro agronómico en Guatemala.

Agradezco también a los profesores de mi terna, Dr. Guillermo Sánchez y el Ing. Carlos Castellanos, por sus correcciones y consejos para terminar esta tesis. Al Dr. Sánchez le agradezco el haberme ayudado a exponer de forma práctica el pequeño estudio de patología incluido en esta tesis.

Un reconocimiento al Ing. Fernando Navas e Ing. Edwin Zapparoli de Genexsa. Por haber permitido que el trabajo de investigación sobre la problemática de la calidad de mangos 'Tommy Atkins' fuera parte de una tesis de universidad, bajo el conocimiento y trabajo del Dr. Fernando Maul. De la misma manera, le agradezco a Karyna Quiroa en Agexpront por haberme concedido una entrevista donde me cedió valiosa información que incluí en la tesis sobre el cultivo del mango en Guatemala.

Muchas gracias a Verónica Blanco, mi amiga y compañera de estudios. Fue fácil haber trabajado y aprendido técnicas de cultivos de patología con ella.

Y no puedo dejar de agradecer el apoyo, amor y guía de mis padres y familia. Gracias, porque de una forma u otra han motivado, han sido un ejemplo y me han dado el apoyo que una persona necesita para hacer lo mejor posible. Agradezco el haber crecido con ustedes.

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTO .....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	iiix
LISTA DE TABLAS .....	x
LISTA DE ESQUEMAS .....	x
RESUMEN .....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
A. Cultivo en Guatemala .....	1
B. Cifras de exportación.....	2
C. Manejo de la fruta durante la cosecha.....	3
D. Tratamiento con agua caliente.....	4
E. Enfermedades en el fruto.....	6
F. Enfermedades bacterianas en frutos de mango.....	7
G. Bacterias.....	7
II. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN .....	9
A. Cifras de rechazo	
B. Justificación.....	9
C. Objetivos .....	9
1. Objetivos generales .....	9
2. Objetivos específicos.....	10
III. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	11
A. Materiales.....	11
B. Metodología.....	11
1. Lavado de frutos.....	11
2. Selección de frutos.....	11
3. Tratamientos.....	11
4. Análisis de calidad de frutos.....	12
5. Identificación del organismo causal de la pudrición en el pedúnculo.....	13
6. Análisis estadístico.....	17
7. Análisis de pudrición del pedúnculo del mango y organismo causal.....	17
IV. RESULTADOS .....	18
A. Resultados de los efectos de los tratamientos en los frutos.....	18
1. Período de 11 días de almacenamiento.....	18
2. Período de 17 días de almacenamiento.....	22
3. Período de 23 días de almacenamiento.....	27
4. Período de 29 días de almacenamiento.....	31
B. Efectos de tratamientos en la incidencia de problemas fitopatógenos.....	36
1. Porcentajes de pudrición a los 11 días de almacenamiento.....	36

2. Porcentajes de pudrición a los 17 días de almacenamiento.....	36
3. Porcentajes de pudrición a los 23 días de almacenamiento.....	38
4. Porcentajes de pudrición a los 29 días de almacenamiento.....	40
C. Análisis de bacterias en el laboratorio.....	41
1. Frutos recibidos para análisis fitopatológico.....	41
2. Análisis de bacterias.....	41
3. Clasificación tentativa de bacterias.....	42
4. Identificación a nivel de género.....	43
5. Bacterias encontradas por finca.....	45
V. DISCUSIÓN .....	47
VI. CONCLUSIONES.....	54
VII. BIBLIOGRAFIA.....	555
VIII. APÉNDICE.....	57
Apéndice A.....	57
Apéndice B.....	58
Apéndice C.....	63
Apéndice D.....	75
Apéndice E.....	85

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Análisis del Porcentaje de pérdida de peso de mangos almacenados por 11 días	18
Figura 2. Comparación estadística sobre coloración de mangos almacenados por 11 días	19
Figura 3. Análisis estadístico de la firmeza de la pulpa de mangos almacenados por 11 días	20
Figura 4. Análisis estadístico del pH de la pulpa de mangos almacenados por 11 días	20
Figura 5. Análisis estadístico de grados Brix de mangos almacenados por 11 días	21
Figura 6. Comparación estadística de la relación Brix/pH de mangos almacenados 11 días	22
Figura 7. Análisis del Porcentaje de pérdida de peso de mangos almacenados por 17 días	23
Figura 8. Comparación estadística sobre coloración de mangos almacenados por 17 días	23
Figura 9. Análisis estadístico de la firmeza de la pulpa de mangos almacenados por 17 días	24
Figura 10. Análisis estadístico del pH de la pulpa de mangos almacenados por 17 días	25
Figura 11. Análisis estadístico de grados Brix de mangos almacenados por 17 días	26
Figura 12. Comparación estadística de la relación Brix/pH de mangos almacenados 17 días	26
Figura 13. Análisis del Porcentaje de pérdida de peso de mangos almacenados por 23 días	27
Figura 14. Comparación estadística sobre coloración de mangos almacenados por 23 días	28
Figura 15. Análisis estadístico de la firmeza de la pulpa de mangos almacenados por 23 días	15
Figura 16. Análisis estadístico del pH de la pulpa de mangos almacenados por 23 días	16
Figura 17. Análisis estadístico de grados Brix de mangos almacenados por 23 días	30
Figura 18. Comparación estadística de la relación Brix/pH de mangos almacenados 23 días	31
Figura 19. Análisis del Porcentaje de pérdida de peso de mangos almacenados por 29 días	32
Figura 20. Comparación estadística sobre coloración de mangos almacenados por 29 días	32
Figura 21. Análisis estadístico de la firmeza de la pulpa de mangos almacenados por 29 días	33
Figura 22. Análisis estadístico del pH de la pulpa de mangos almacenados por 29 días	34
Figura 23. Análisis estadístico de grados Brix de mangos almacenados por 29 días	35
Figura 24. Comparación estadística de la relación Brix/pH de mangos almacenados 29 días	35
Figura 25. Porcent. de pudrición de mangos por finca a los 11 días sin tratamiento térmico	36
Figura 26. Porcent. de pudrición de mangos por finca a los 17 días con tratamiento térmico	37
Figura 27. Porcent. de pudrición de mangos por finca a los 17 días sin tratamiento térmico	38
Figura 28. Porcent. de pudrición de mangos por finca a los 23 días con tratamiento térmico	39
Figura 29. Porcent. de pudrición de mangos por finca a los 23 días sin tratamiento térmico	39
Figura 30. Porcent. de pudrición de mangos por finca a los 29 días con tratamiento térmico	40
Figura 31. Porcent. de pudrición de mangos por finca a los 29 días sin tratamiento térmico	41

## LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Características fenotípicas útiles para diferenciar <i>Xanthomonas</i> de <i>Pantoea</i> , <i>Pseudomonas</i> y otras bacterias de pigmentación amarilla .....	8
Tabla 2. Frutos recibidos y síntomas que presentan .....	42
Tabla 3. Pruebas físicas realizadas con las bacterias aisladas de frutos.....	43
Tabla 4. Pruebas realizadas para colocación tentativa de bacteria en género.....	44
Tabla 5. Resumen de pruebas físicas y bioquímicas mediante Api20NE y prueba de Tabaco para identificar el género .....	45
Tabla 6. Resumen de bacterias aisladas de finca Maragos .....	45
Tabla 7. Resumen de bacterias aisladas de finca Ilusiones.....	45
Tabla 8. Resumen de bacterias aisladas de finca Ceiba.....	46
Tabla 9. Resumen de bacterias aisladas de finca Eslovaquia.....	46
Tabla 10. Resumen de bacterias aisladas de finca Botín.....	46

## LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1. Esquema del Diseño Experimental .....	12
--	----

## RESUMEN

El mango es uno de los frutos tropicales comercialmente más importantes del mundo, pero en muchas ocasiones su comercio se encuentra limitado por infestaciones de enfermedades y pestes que requieren cuarentena. Los tratamientos hidrotérmicos se utilizan en Guatemala para certificar cuarentena antes de ser exportados. Varios estudios han comprobado que el tratamiento hidrotérmico también aminora el porcentaje de pérdida de calidad por maduración y enfermedades. El propósito de este estudio fue de reportar el efecto del uso del tratamiento hidrotérmico en la calidad de los frutos y sobre la incidencia de la pudrición del pedúnculo del mango 'Tommy Atkins'. En conjunto con el uso o no del tratamiento hidrotérmico, también se midieron los efectos de cuatro temperaturas de almacenamiento, 8, 10, 11 y 12°C y un control a 20°C, almacenados por 4 periodos diferentes, 11, 17, 23 y 29 días, para simular almacenamiento y embarque de los frutos. Los más bajos porcentajes de pérdida de peso, mayor firmeza en la pulpa y menores porcentajes de pudrición de los mangos, se obtuvieron cuando los mangos fueron tratados térmicamente y estuvieron almacenados a 8°C. La pudrición en pedúnculo de los mangos se aminoro cuando los frutos fueron tratados hidrotérmicamente y almacenados a 8 y 10°C, y la enfermedad se atribuyó a bacterias del genero *Pantoea*, pero estos organismos se definieron como patógenos secundarios.

# I. INTRODUCCIÓN

## A. Cultivo del mango en Guatemala

El mango pertenece a la familia Anacardiaceae, la cual se compone mayormente de plantas tropicales. El mango, *Mangifera indica* L., es cultivado a lo largo de los trópicos y subtropicos y es uno de frutos comerciales más importantes en el mundo. Es originario del noroeste de la India, siendo actualmente cultivado en India, Indonesia, Florida, Hawaii, México, Sudáfrica, Egipto, Israel, Brasil y Filipinas. La India produce el 66% del rendimiento mundial de mangos, aunque México es el mayor exportador de estos frutos en el mercado fresco (Mitra 1997: 85).

En Guatemala el mango se cultiva en la Costa Sur, el Oriente y en microclimas ubicados en los departamentos de Quetzaltenango y San Marcos que poseen áreas óptimas para establecer plantaciones comerciales (Velásquez, 1993). Se registran un total de 185 fincas productoras, representado un total de 3,157 hectáreas localizadas en los departamentos de: Zacapa, Chiquimula, El Progreso, Jutiapa, Santa Rosa, Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango y San Marcos.

Es posible obtener buenas cosechas de fruta en climas con diversos rangos de pluviosidad, sin embargo, para mayores rendimientos, debe haber una estación seca bien definida durante el período de floración y fructificación. Por lo tanto, la mejor área para el cultivo es aquella en donde exista una estación húmeda y una estación seca bien definida, que esté protegida de vientos fuertes. La precipitación pluvial anual puede variar de 600 mm a 2500 mm. El mango se cultiva mejor en sitios con temperaturas altas, siendo una planta poco resistente a las bajas temperaturas. Las mejores cosechas se obtienen en zonas donde la temperatura oscila entre 18 y 35°C, lo cual es posible encontrar en altitudes entre 0 hasta 1000 metros sobre el nivel del mar en Guatemala. La luz solar abundante favorece las buenas cosechas y la buena coloración de los frutos, por lo que podas para la penetración eficiente de luz son necesarias. El árbol prefiere suelos limosos, profundos y con buen contenido de humus o materia orgánica. El mal drenaje es una limitante para el buen desarrollo radicular. Es preferible un pH entre 5.5 y 7.5 y una textura limo-arenosa o arcillo arenosa, con una profundidad mínima de 1.2 a 1.5 metros.

El mango es un árbol perenne, ramificado, que puede llegar a medir de 30 a 40 metros de altura. Los árboles florecen después de 5 - 7 años, mientras que la propagación de árboles clonados o injertos son generalmente más pequeños y pueden florecer de 3 - 4 años de edad. La inflorescencia es determinativa y las flores nacen en panículas. Los frutos de mango son grandes, una drupa carnosa cuya pepa es un hueso lateralmente comprimido. Entre los frutos de diferentes cultivares existe una considerable variación en tamaño, color, forma, sabor, textura y aroma (Mitra, 1997: 85-86). El mesocarpo es comestible, con diferentes grados de fibra y puede ser de aspecto cremoso amarillento a anaranjado brillante (Ploetz *et al*, 1994).

Los frutos de mango se cosechan normalmente cuando alcanzan su madurez fisiológica, pero que aún no estén maduros, lo cual es aproximadamente cuatro meses después de que cuaje el fruto. Los frutos

requieren de 8 a 10 días para madurar a temperatura ambiente (ca. 20° C). El etileno, la hormona responsable de coordinar los procesos de maduración, incrementa su producción a medida que el mango pasa su madurez fisiológica (Mitra, 1997: 91). Tratamientos comerciales como la aplicación de ethephon (generador de etileno exógeno) y el tratamiento poscosecha con agua caliente (el cual se usa para el control de plagas y enfermedades) aceleran los procesos de maduración en la fruta (Ploetz, *et al*, 1994).

En Guatemala, las variedades propagadas son: Tommy Atkins, Irwin, Haden, Amini, Kent, Keitt, Zill. Este cultivo tiene dos alternativas de venta: consumo en fresco (fruto maduro o verde) y como productos procesados (puré, mangos en gajo secados al sol, jugo, pulpa, vino, mermelada, jalea, tajadas enlatadas). La temporada de más venta del fruto es entre los meses de diciembre a junio.

La mayoría de los frutos de mango se consumen en el mercado fresco. Las frutas son una buena fuente de vitamina C y provitamina A. Las principales azúcares libres en la pulpa de la fruta incluyen glucosa, fructosa y sucrosa. Otros azúcares como xylosa, arabinosa, D-manoheptulosa y D-altoheptulosa, existen en pequeñas proporciones (Mitra, 1997: 91-92). Los niveles endógenos de estas siete azúcares (a base de carbón) incrementan rápidamente mientras maduran los frutos. Frutos inmaduros tienen altos niveles de ácidos orgánicos libres que decrecen durante la maduración. La actividad de las enzimas pectolíticas incrementa durante el último estado de maduración del fruto, promoviendo la pérdida de firmeza en los tejidos (Mitra, 1997: 97; Ploetz *et al*, 1994).

La Industria de mango constituye el sector de producción agrícola de exportación no tradicional más importante en Guatemala (Calderón, 2000). Según Calderón (*ibid.*), su importancia radica en tres puntos básicos:

- **Económico:** ya que abarca la franja tropical seca de la costa sur y otros departamentos con microclimas apropiados, generando así empleo e ingreso de divisas;
- **Ecológico:** es un frutal perenne que captura anhídrido carbónico y libera oxígeno, además de recuperar suelos degradados;
- **Social:** ya que genera fuente de empleo.

## B. Cifras de exportación

Para el año 2000 se exportaron un total de 2,403,777 cajas de mango (4.5 kilos por caja), lo cual equivale aproximadamente a 21,917,661 mangos en fresco (*vid.* Apéndice E). Los datos de estas cifras se registraron de las cuatro plantas de tratamiento en el país, las cuales reciben frutos de las 185 fincas productoras. En total se enviaron 517 embarques hacia mercados destino. La distribución de las cajas por país destino fue de 1,877,781 a Estados Unidos (8,450,015 kilos en total) y 525,996 cajas a Europa (2,366,982 kilos en total). Para el año 2000, el 78% de la producción se destina hacia Estados Unidos, mientras que al mercado Europeo se exportó sólo el 22%.

## C. Manejo de la fruta durante la cosecha

Por ser un fruto climactérico, la cosecha del mango debe iniciar cuando el fruto alcanza su madurez fisiológica para que de esta manera el fruto soporte el empaque y transporte, mientras continua sus procesos de maduración natural. En el mango Tommy Atkins las lenticelas se observan más separadas, el fruto toma una forma redonda y los hombros están por encima de la base del pedúnculo. El fruto que sufre daños mecánicos debe desecharse, ya que durante la comercialización estos frutos pueden desarrollar pudriciones que a su vez podrían infectar al resto de los frutos.

La madurez hortícola del fruto se determina de acuerdo con la variedad y mercado destino para el mango. El mercado nacional no exige el tratamiento hidrotérmico, porque no hay requisito cuarentenario; la madurez del fruto no es de importancia debido a que los frutos se venden igualmente verdes o maduros. Para el mercado fresco internacional, el fruto se corta a un tercio de madurez ya que éste debe tolerar un tratamiento con agua caliente a 116° F (46.7° C) para eliminar larvas vivas de la mosca de la fruta (Velásquez, 1993). Al momento de la cosecha, la fruta debe cortarse con una pequeña porción del pedúnculo para prevenir evitar los daños o quemaduras del fruto por causa del látex exudado del pedúnculo. Los frutos recolectados se deben limpiar y colocar con el pedúnculo hacia abajo para que termine de gotear el látex.

Entre de los utensilios necesarios para la cosecha se debe usar una bolsa de lona tipo limón para que no sufran abrasiones los frutos lo cual deteriora su calidad. No se deben recoger frutos caídos ya que pueden encontrarse dañados por el golpe de caída (no útil para exportación) o pueden encontrarse infectados por la mosca de la fruta.

El transporte y empaque no debe realizarse a granel; se debe utilizar cajas plásticas sin aristas interiores y que no tengan aperturas amplias que pueda dañar los frutos. Las cajas plásticas no deben de llenarse por completo para evitar daños por compresión cuando se acomodan una caja sobre otra.

En Guatemala, el cultivo del mango es afectado por enfermedades y plagas que han restringido su exportación. La plaga más importante es la mosca de la fruta del género *Anastrepha*. Además, existen enfermedades de importancia económica como son, en orden de importancia la pepita negra, escamas, antracnosis, roña y daño por minador.

El látex natural del mango también afecta al fruto, provocando manchas en la cáscara que deterioran su calidad, así mismo, los daños mecánicos por mal manejo del fruto incrementa el porcentaje de producto de descarte (Mitra, 1997: 86).

La semilla gelatinosa es un desorden fisiológico que pudre la pulpa de los frutos de varias maneras y aún no se conoce la causa del desorden. La pulpa cercana a la semilla se desintegra convirtiéndose en una masa gelatinosa, la pulpa afectada usualmente huele fuerte y tiene un mal sabor (Bagshaw, *et al*, 1989: 27). Aún no se ha logrado determinar la razón de la enfermedad. Este desorden no presenta síntomas externos.

Otro desorden que afecta la pulpa del fruto el ahuecamiento de la zona próxima a la cicatriz del pedúnculo. La causa de este desorden aún no se ha logrado establecer. Internamente, los estos frutos se

encuentran afectados por una cavidad que se forma entre la pulpa del pedúnculo y de la semilla. La pulpa que rodea la cavidad puede presentar una decoloración pardo grisácea, presentando una textura abierta anormal. Tiras irregulares de tejido también pueden estar presentes en la cavidad. En los frutos ya maduros, se desprende un olor suave y ácido. Estos síntomas también pueden asociarse con rajaduras internas rodeadas por tejido blanquecino. Externamente, los síntomas pueden observarse en casos severos donde la cavidad ha alcanzado los tejidos inmediatamente inferiores a la cáscara, notándose un área hundida de color pardo grisáceo cerca del pedúnculo. Los frutos con este tipo de pudrición no son aceptados en el mercado (Bagshaw, *et al*, 1989: 27).

Los frutos de muchos cultivares de mango están sujetos a un colapso interno de la pulpa, éste se conoce con distintos nombres como colapso interno del fruto, pepita negra, pudrición blanda, tejido esponjoso y colapso del pedúnculo. Los síntomas se caracterizan por un colapso de la pulpa que usualmente comienza en la etapa temprana de desarrollo del fruto. Las características comunes del desorden son una apariencia acuosa de la pulpa o una cavidad abierta en la pulpa cerca del pedúnculo, pulpa muy madura cerca de la semilla lo cual se encuentra rodeado de pulpa firme y áreas donde la pulpa está esponjosa con una decoloración grisácea (Beattie, *et al*, 1995: 54).

La causa del colapso interno de los frutos aún no está clara. El aislamiento de un patógeno relacionado con el desorden no se ha logrado en Florida. Varios autores sugieren que el colapso interno de la pulpa está relacionado con deficiencia de calcio (Mitra, 1997; Ploetz *et al*, 1997; Labavitch, 1997). El colapso interno prevalece más cuando se cultivan mangos en suelos ácidos con bajo contenido de calcio, que cuando se cultivan en suelos básicos calcáreos. Los bajos niveles de calcio en las hojas coinciden con una alta incidencia de desorden (Labavitch, 1997: 40-44).

El calcio es importante para mantener la estabilidad en la membrana celular y otorgar rigidez a las paredes celulares. Por lo tanto, el calcio está relacionado con desordenes en frutos, comúnmente caracterizados por un incremento en la permeabilidad de las células, resultando en un colapso interno de los frutos. En mango, este desorden ocurre en una etapa temprana de desarrollo del fruto, cuando existe una rápida división celular en los frutos (Ploetz, *et al*, 1994).

La formación del colapso interno puede variar según la estación del año y la localización, y un alto porcentaje de los frutos en las áreas son rechazados en el mercado. Por ejemplo, en 2000 se estimó que un 70% de los frutos de la variedad 'Tommy Atkins' en varias plantaciones en Guatemala, se perdieron por causa del colapso interno de la pulpa. En el sur de Florida, estas pérdidas varían usualmente entre un 5 a 20%, pero las pérdidas exceden un 50% cuando se permite que los frutos maduren en el árbol (Ploetz, *et al*, 1994).

## D. Tratamiento con agua caliente

Debido a la mosca de la fruta y como prevención de otras plagas y enfermedades, el 25 de septiembre de 1990, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (*United States Department of Agriculture*) y el Servicio de Inspección Sanitaria de Plantas y Animales de Estados Unidos, aprobó para toda América

Latina el uso del tratamiento con agua caliente, como medida para permitir el ingreso de mango fresco a aquel país.

Las especificaciones del tratamiento según el Plan de trabajo para el tratamiento y preinspección de mango producido en Guatemala para la temporada de exportación 2000, incluyen (MAGA, 2000):

- El tratamiento de agua caliente se aplicará a todas las variedades de mango propagadas en Guatemala.
- Previo al tratamiento, toda la fruta debe estar a 21.1°C (70.0°F) o más. Toda la fruta debe ser sumergida por lo menos 10 cm (4 pulgadas) bajo la superficie del agua durante todo el tratamiento.
- La fruta debe ser tratada con agua a una temperatura de 46.1°C (115.0°F), la temperatura no puede bajar de 45.4°C (113.7°C).
- El tratamiento con agua caliente debe ir de acuerdo a la variedad y peso de los frutos. La variedad Tommy Atkins (al igual que Keitt, Haden, Irwin, Amini y Zill) deben ser tratadas de la siguiente manera: Si los frutos tienen un peso máximo de 700 gramos por fruto, entonces se deben tratar por 90 minutos en un baño con agua caliente, donde la temperatura del agua debe mantenerse a 46.1°C (115.0°F) o más, no obstante, esta puede bajar hasta 45.4°C (113.7°F) por un período que no exceda 15 minutos del tiempo total del tratamiento. Si los frutos tienen un peso máximo de 500 gramos cada uno, entonces se deben tratar por 75 minutos en un baño con agua caliente, donde la temperatura del agua debe mantenerse a 46.1°C (115.0°F) o más, no obstante ésta puede bajar hasta 45.4°C (113.7°F) por un período que no exceda 10 minutos del tiempo total del tratamiento.

La planta física en general debe consistir de un área de recepción para la fruta que ingresa para muestreo y medición previa al tratamiento, un área de tratamiento, un área de pos-tratamiento, oficinas y servicios sanitarios, así como un área para desechos.

El área de pretratamiento debe tener área capaz de recibir la fruta, realizar muestras de inspección, examinar las muestras, clasificar fruta por tamaño y colocarla en recipientes para el tratamiento con agua caliente, así como un área para verificar el peso del fruto. El peso de los frutos varía entre 375, 500, 570, 700 gramos, donde éstos son los límites de tamaño.

Dentro del área de tratamiento se debe consistir de un área de precalentamiento y el área de tratamiento con agua caliente. Durante el precalentamiento de los mangos, se debe verificar que los frutos tengan una temperatura de 70°F antes del baño con agua caliente, de esta manera se asegura que la temperatura mínima del tratamiento, 115°F, se logre durante los primeros 5 minutos de tratamiento con agua caliente; la temperatura se mide a una profundidad de 1 a 2cm, y no se debe proceder si no está a esta temperatura. El sistema de tratamiento en sí puede ser por medio de canastas, donde una plataforma se introduce al tanque con agua caliente, o por método continuo, donde el mango es sumergido en agua caliente sobre una banda que se mueve lentamente de un extremo a otro.

En el postratamiento, los frutos ya tratados se deben separar de los no tratados. Por lo que debe ser llevada a un área libre de insectos inmediatamente después del tratamiento. Y debe permanecer allí hasta

ser colocados en los contenedores de embarque, también libre de insectos. El área debe estar protegida con un cedazo o barrera.

Según el Servicio de Inspección Sanitaria de Plantas y Animales, no es un requisito enfriar la fruta después del tratamiento térmico, pero muchas plantas prefieren un sistema de enfriamiento. Los mangos tratados no deben moverse directamente al cuarto frío hasta por lo menos 30 minutos después del tratamiento. La temperatura ideal de almacenaje para mangos es de 55°F (12.8°C), ya que ésta retrasa que se suavicen y prolonga la vida de anaquel.

El Servicio de Inspección Sanitaria de Plantas y Animales permite el uso de ventiladores para soplar aire sobre mangos tan pronto como se sacan del tanque (si se desea), o el uso de tanques de agua fría o sistemas de roceo, pero mediante las siguientes condiciones:

- Si se colocan los mangos dentro un tanque de agua fría o roceador antes de que transcurran los 30 minutos después de removerse del tanque de agua caliente, la temperatura del agua no puede ser de menos de 70°F (21.1°C).

- Si se colocan los mangos dentro un tanque de agua fría o roceador después de los 30 minutos o más de haberse removido del tratamiento con agua caliente, entonces la temperatura del agua puede ser cualquier temperatura deseada.

En la actualidad, Guatemala cuenta con cuatro plantas de tratamiento: Genexsa (Km. 22 Ruta al Pacífico, Villa Nueva), Frútico (Km. 36 Ruta al Pacífico, Palín, Escuintla), Frutireu (Km. 205 Ruta a Champerico) y la planta Villa Aurora (Km. 213 Ruta a Champerico).

## E. Enfermedades en el fruto

En 1991, el Dr. Robert T. McMillan realizó una evaluación de las enfermedades que afectan al fruto en la etapa de precosecha y el manejo de los frutos poscosecha en donde se reportó una nueva enfermedad bacteriana en mangos de Guatemala (*vid.* Apéndice D). La bacteria se identificó como perteneciente al orden Eubacteriales y la familia Enterobacteriaceae. El método utilizado para identificar la bacteria fue a través de analizadores de ácidos grasos, este método no llegó a identificar el género de las bacterias. Se reportó entonces que no todas las fincas productoras en Guatemala presentaron los síntomas típicos de dicha enfermedad bacterial, aunque sí se asegura que el síntoma aparentaba ser la pudrición blanda causada por *Erwinia amylovora*.

El síntoma típico de la pudrición en los frutos aparece como una lesión simple en los hombros del fruto o en la parte lateral. Los frutos lesionados presentan inicialmente pequeños focos de lesión cuando los frutos están madurando los que se desarrollan posteriormente en manchas grandes de color gris a pardo oscuro. El decaimiento se transmite internamente, se difunde del pedúnculo a la semilla y del tejido hacia la parte externa o la cáscara.

Enfermedades de pudrición identificadas en poscosecha son causadas por los hongos *Colletotrichum gloesporioides* (antracnosis) y por *Diplodia natalensis* (pudrición terminal del pedúnculo). En esta etapa no se reportan enfermedades causadas por bacterias. La mejor manera de prevenir pérdidas del fruto en poscosecha por pudriciones terminales del pedúnculo, es cosechar frutos verdes maduros fisiológicamente y no verdes inmaduros. Para el control de antracnosis, se recomienda el tratamiento con agua caliente al momento de la cosecha y antes que los frutos se comiencen a ablandar (*vid.* Apéndice D).

## F. Enfermedades bacterianas en frutos de mango

Para Guatemala se han reportado enfermedades bacterianas causadas por *Xanthomonas* y *Erwinias*, que afectan directamente al fruto (*vid.* Apéndice C). Estas enfermedades afectan al fruto antes de la cosecha. Según el reporte realizado por Figueroa (*vid.* Apéndice C):

«...el problema de pudrición del fruto y muerte descendente de los árboles de mango en la finca Slovackia podría ser causado por una bacteria del género Xanthomonas solo o en asociación con otra aparentemente del género Erwinia. ...Mientras en Jutiapa, al menos en los escasos frutos encontrados posiblemente sólo Erwinia es la responsable de la pudrición del fruto, situación que coincide con lo reportado por Guevara Y., et.al. 1980.»

Las bacterias del género *Xanthomonas* o *Erwinia*, que se reportan como causantes de daños a los frutos, no sólo afectan en Guatemala, también se encuentran reportadas en diferentes países latinoamericanos, como reporta Guevara Y., et.al. 1980 en Venezuela (*vid.* Apéndice C), y en Estados Unidos.

## G. Bacterias

Actualmente las bacterias han sido reclasificadas en distintos géneros (*vid.* Apéndice A). El género *Xanthomonas*, que se caracteriza por tener pigmentación amarilla (entre otras características), ha sido reclasificada más que todo a nivel de especie y subespecie. Mientras el género *Erwinia* se ha dividido en dos nuevos géneros: *Erwinia* (grupo macerante y grupo no macerante) que tienen pigmentación blanca y *Pantoea* que tiene pigmentación amarilla. La diferenciación entre estos géneros es sencilla, basándose en procedimientos descritos por Schaad (2001). Por ejemplo, las características fenotípicas de las bacterias se pueden utilizar para distinguir géneros de bacterias y otros organismos asociados que tienen características similares en la pigmentación (Tabla 1.1).

Las bacterias *Xanthomonas* se caracterizan fenotípicamente por ser gram-negativas, aeróbicas, bacilos rectos con tamaño entre 0.4 - .07 x 0.7 – 1.8 µm, y con un solo flagelo polar. Son lentos productores de ácido de carbohidratos. Las colonias de la mayoría de especies son mucoide, convexos y con pigmentación amarilla en agar YDC (Schaad, *et al*,2001). En cambio, el género *Erwinia* y *Pantoea* es muy heterogéneo, por lo tanto una descripción general es necesariamente limitada. Como otros miembros de la familia Enterobacteriaceae, las bacterias *Erwinia* son bacilos rectos con tamaño entre 0.5 – 1.0 x 1.0 – 3.0µm, simples, en pareja o formando una cadena corta. Las *Erwinia* son gram-negativas y son móviles por

flagelos peritricos, son anaerobicos facultativos y crecen óptimamente a 23-30°C. En todas las especies de *Erwinia*, la prueba de oxidasa resulta negativa, mientras que la prueba de catalasa positiva; la mayoría de especies no reducen nitratos. Todas las especies catabolizan glucosa y otros carbohidratos con la producción de ácido pero usualmente sin formación de gas (Schaad, *et al*,2001).

Tabla 1. Características fenotípicas útiles para diferenciar *Xanthomonas* de *Pantoea*, *Pseudomonas* y otras bacterias de pigmentación amarilla como *Flavobacterium* (Schaad, *et al*, 2001).

Característica <sup>a</sup>	<i>Xanthomonas</i>	<i>Pantoea</i>	<i>Pseudomonas</i>	<i>Flavobacterium</i>
Flagelación	1, polar	Peritrica	> 1, polar	No tiene
Fluorescencia	No	No	Si	No
Oxidasa	Negativa	Negativa	Negativa <sup>b</sup>	Positiva
Fermentativa (crecimiento anaeróbico)	No	Si	No	No

<sup>a</sup> Por flagelación, fluorescencia, Oxidasa y fermentación, ver metodología y anexos para su descripción específica.

<sup>b</sup> *P.cichorri* es positiva.

El género *Erwinia* se divide en dos grupos: las bacterias *Erwinia* grupo amylovora o no macerante, que en general causan manchas en hojas, tizones en varios árboles, cánceres, marchitamiento y pudriciones; y las bacterias *Erwinia* grupo carotovora o macerante, que causan pudriciones blandas en plantas y frutos.

Las especies del grupo herbícola de cepas que producen pigmento amarillo que consiste de bacterias epifitas así como bacterias patógenas en plantas, han sido clasificadas dentro del género *Pantoea* junto con algunas especies del género *Enterobacter* (Schaad, *et al*,2001).

*Pantoea spp.* comparte muchas características con otros miembros del género original *Erwinia*. Son gram-negativas, bacilos, bacterias anaerobicas facultativas que son oxidasa negativa y catalasa positiva. En la mayoría de los casos, la tinción de Gram, prueba anaeróbica de Hugh-Liefson (HL) y producción de pigmento amarillo, junto con el conocimiento de los síntomas de la enfermedad, son suficientes para tentativamente colocar una bacteria aislada dentro del grupo *Pantoea*. Pruebas de movilidad, reducción de nitratos, producción de indol, prueba de hipersensibilidad del tabaco (HR), y pruebas de patogenicidad deben hacerse para confirmar la identificación inicial.

## II. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN

### A. Cifras de rechazo de fruta fresca para exportación

Las actividades en plantas de tratamiento hidrotérmico, para el año 2000, dieron inicio el 7 de febrero y finalizaron el 4 de junio, teniendo un ingreso total de 35,706,309 frutos en las cuatro plantas, de lo cual se exportaron sólo 21,917,661 mangos en fresco. Los mangos exportados representan el 61.38% del total de frutos ingresados, mientras el restante 38.62% fue rechazado en las plantas hidrotérmicas por problemas fitosanitarios, malformaciones, madurez avanzada, tamaños y otras causas).

La causa de los problemas fitosanitarios se debe principalmente por presencia de larvas de mosca de la fruta, un total de 633,816 unidades fueron rechazadas, esto representa el 1.77% del total de las muestras ingresadas. Otras enfermedades como pepita negra, escama, antracnosis, roña y minador, también son parte de los problemas fitosanitarios.

Recientemente, debido a limitaciones de mercado en los Estados Unidos, se ha expresado un enorme interés por parte de los productores y exportadores de mango guatemaltecos en comercializar su mango con el mercado europeo. Los primeros embarques comerciales de Guatemala recibidos en Rotterdam, Holanda experimentaron graves índices de rechazo.

Debido al prolongado trayecto marítimo, de 16 a 21 días, los mangos experimentan problemas fitosanitarios que comprometen su calidad. Según datos de exportadores nacionales, las pudriciones del pedúnculo son la mayor causa de rechazo en los mangos exportados a Europa.

### B. Justificación

El siguiente estudio de almacenamiento de mango 'Tommy Atkins' se realizó con el propósito de simular las condiciones postcosecha que experimenta la fruta en tránsito a Europa, pudiendo así documentar la calidad del fruto, los índices de pudrición y hacer una descripción de la sintomatología del daño por pudrición y clasificar los patógenos asociados al daño. Utilizando la información disponible en la literatura acerca del cultivo de mango, se elaborarán recomendaciones acerca del manejo adecuado de los frutos para evitar futuros problemas fitosanitarios.

### C. Objetivos

#### 1. Objetivos generales

Simular la cadena de manejo poscosecha de frutos de mango destinados para el mercado de exportación, desde cosecha, selección y lavado, tratamiento térmico, con el objetivo de evaluar la calidad del fruto y de cuantificar la incidencia de pudrición del pedúnculo y otros problemas fitosanitarios que se expresen en mangos provenientes de diversas plantaciones localizadas en el sur y el oriente de Guatemala.

## 2. Objetivos específicos

- a. Determinar la influencia que el tratamiento térmico y el almacenamiento frío tiene sobre la calidad del mango 'Tommy Atkins'.
- b. Realizar una evaluación sobre la calidad del fruto basándose en pérdida de peso del fruto, coloración superficial, incidencia de pudrición, firmeza y composición química de la pulpa (sólidos solubles y pH).
- c. Documentar la incidencia y formación de la pudrición del pedúnculo en las diversas plantaciones de mango 'Tommy Atkins' en el Sur y Oriente de Guatemala.
- d. Aislar, identificar y hacer pruebas de patogenicidad del patógeno causante de la pudrición del pedúnculo en mangos y determinar si el organismo es un patógeno o un organismo secundario que creció debido al estrés al cual fue sometido el fruto.

### III. MATERIALES Y METODOLOGÍA

#### A. Materiales

Se cosecharon frutos provenientes de seis fincas con plantaciones de mango ‘Tommy Atkins’ destinados a la exportación a mercados extranjeros. Las fincas que se escogieron para los estudios son las principales fincas que proveen de fruta a las plantas empacadoras de Genexsa localizadas en Champerico y Villa Nueva. Se cosecharon 360 frutos de cada una de las fincas. Los procesos de lavado, tratamiento térmico, selección, empaque y enfriamiento se realizaron utilizando las instalaciones comerciales de la planta empacadora de Genexsa en Villa Nueva.

#### B. Metodología

1. Lavado de frutos. Las labores de lavado inicial se realizaron basándose en las prácticas comerciales que se llevan a cabo en la planta empacadora de Genexsa en Villa Nueva. El lavado inicial de la fruta se hizo con una mezcla de agua, jabón y Laterox (solvente de látex), simulando las condiciones comerciales del manejo.

2. Selección. Para simular las condiciones reales de manejo, los mangos fueron seleccionados por el personal de empaque de acuerdo al tamaño, coloración superficial, incidencia de daños e incidencia de enfermedades de los frutos.

#### 3. Tratamientos

a. Tratamiento térmico. Los tratamientos térmicos se realizaron en la planta de tratamiento Genexsa, en las piletas comerciales para los tratamientos térmicos siguiendo los lineamientos propiciados por USDA y APHIS.

1) Frutos con tratamiento térmico: los frutos se dejaron en agua a 46°C por 90 minutos, luego fueron enfriados en agua a 24°C por 20 minutos, y finalmente almacenados en frío.

2) Frutos sin tratamiento térmico (frutos Control): los frutos no se trataron térmicamente, sólo fueron almacenados en frío.

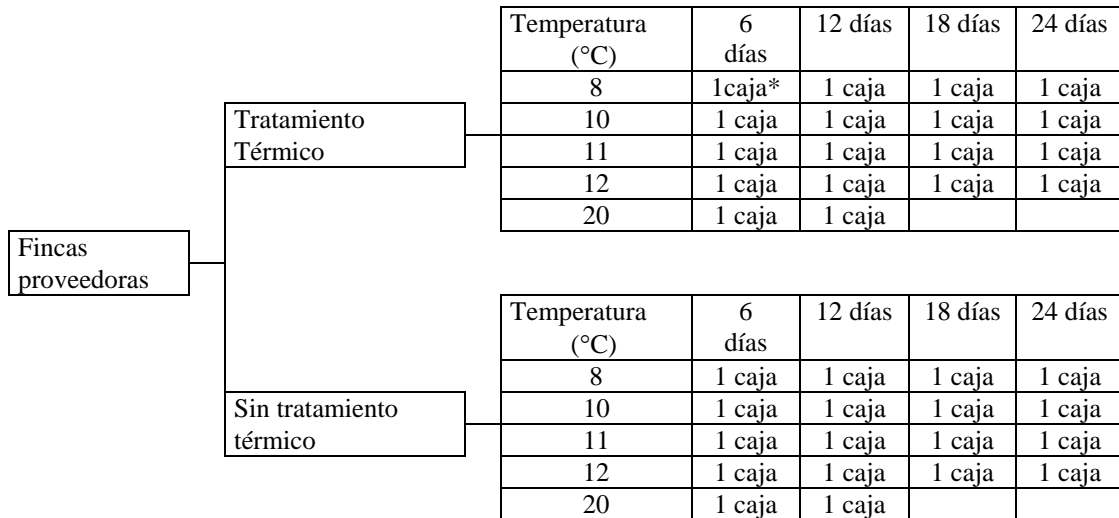
b. Empaque. Después de haber sido tratados, los frutos se empacaron agrupando 9 frutos adecuadamente identificados por caja de cartón corrugado. Cada caja fue identificada por finca, temperatura y período de almacenado, según el diseño experimental (Esquema 1).

c. Almacenamiento refrigerado. Los mangos empacados se sometieron a un almacenamiento refrigerado utilizando cinco diferentes temperaturas y durante cuatro períodos de almacenamiento.

1) Cinco Temperaturas de almacenamiento: temperatura ambiente 20°C (68° F), 8°C (47° F), 10°C (50° F), 11°C (51 F) y 12.5°C (53 F).

2) Cuatro períodos de almacenamiento: Los frutos fueron evaluados después de cuatro tiempos de almacenamiento refrigerado, un período de 6 días, 12 días, 18 días y 24 días. Después del período de almacenamiento refrigerado, los mangos se dejaron por 5 días adicionales a 20°C (simulando el período de venta en anaquel de los frutos) antes de hacer los análisis de calidad e incidencia de enfermedades de los frutos.

Esquema 1 **Esquema del diseño experimental**



\* En cada repetición se colocó una caja con 9 frutos por finca.

#### 4. Análisis de Calidad de los Frutos

a. Pérdida de peso porcentual. Se midió el peso de cada fruto al inicio del almacenamiento y al final del período estipulado de almacenamiento refrigerado según el diseño experimental.

b. Coloración superficial. Se evaluó la coloración superficial de los frutos utilizando una escala subjetiva. Se utilizaron numerales del 1 al 5 para evaluar el porcentaje de la superficie de la fruta que presentara coloración chapeteado (coloración con tonalidades amarillas, rosadas, rojas y anaranjadas debido a la acumulación de carotenoides en la cáscara). La escala se midió con las siguientes referencias:

- 1 = 0 a 20% chapeteado
- 2 = 20 a 40% chapeteado
- 3 = 40 a 60% chapeteado
- 4 = 60 a 80% chapeteado
- 5 = 80% o más chapeteado

c. Firmeza de la pulpa. La firmeza de la pulpa se midió utilizando un penetrómetro manual (McCormick Fruit Pressure Tester, modelo FT 011, Italia) con una punta metálica de penetración de 11 milímetros de diámetro. La fuerza de penetración fue registrada a una penetración de 7 milímetros en dos puntos equidistantes de la pulpa cercanos al ecuador de la fruta. La firmeza se analizó en libras de presión.

d. Composición química de la pulpa. Una muestra de pulpa de cada fruta analizada se maceró para determinar su composición química. Los sólidos solubles se medieron utilizando un refractómetro portátil y los resultados se expresaron en grados brix. El pH de la pulpa se midió utilizando el mismo macerado con un pH-metro portátil (Hanna Instruments, modelo pHep3, Woonsocket, RI) calibrado con soluciones estándar de pH 4 y pH 7.

e. Incidencia de pudrición. Los mangos se examinaron documentando los síntomas de pudrición y la severidad de la pudrición. Los frutos que presentaron pudrición en el pedúnculo se enviaron al laboratorio de fitopatología para identificar el organismo causal de los síntomas. Una vez analizados los datos recabados, las muestras de los frutos infectados se cultivaron en medios diferenciales para poder identificar los organismos causantes de los daños.

5. Identificación del organismo causal de pudrición en pedúnculo de mango. Según información literaria, la sintomatología de la pudrición del pedúnculo se atribuye principalmente a una bacteriosis. Para lograr aislar los microorganismos, los frutos afectados se examinaron en el laboratorio de fitopatología de la Universidad del Valle de Guatemala, edificio I<sub>1</sub> laboratorio I-109. A continuación se listan en detalle los procedimientos a llevar a cabo para aislar e identificar los organismos causantes de la pudrición del pedúnculo:

a. Observación de frutos. Se hizo una observación directa de cada mango infectado anotando la codificación y la sintomatología que presentaba. Los frutos con síntomas severos de pudrición se fotografiaron para futuras referencias. La pudrición de los frutos se comparó con la sintomatología que se encontró en la literatura disponible.

Previo a la disección y examinación interna de los mangos, la superficie (cáscara) de cada fruto se desinfectó utilizando un algodón humedecido con alcohol al 75%. Inmediatamente después de la desinfección se hizo un corte transversal en cada fruto para poder observar la pulpa y examinar el tipo de pudrición y coloración. La pudrición se basó en las características siguientes: color en la cáscara del fruto, tomando en cuenta el avance y penetración del patógeno en el fruto, olor de la pulpa, apariencia acuosa o macerada al hacer el corte, así como la consistencia firme o no de la pulpa. Estas características se tabularon y fueron utilizadas para asumir el tipo de microorganismo que estaría causando el daño.

b. Aislamiento de las bacterias de los frutos. Con el propósito de aislar microorganismos de los frutos de mango se cortaron muestras de pulpa y cáscara donde se encontraba el daño, cuidando que el corte se realizara sólo en la parte de avance de la pudrición para evitar aislar bacterias saprófitas. Los cortes de cada fruto se hicieron utilizando un bisturí previamente esterilizado con alcohol flameado, para prevenir contaminación cruzada.

Los cortes realizados a cada fruto se desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio al 10% (cloro Magia Blanca) por dos minutos, luego se enjuagaron con agua estéril, después se colocaron en un mortero de 25 mililitros (previamente esterilizado con alcohol flameado) y se maceraron con 10 mililitros de agua esterilizada en el autoclave (Autoclave Market Forge Co. modelo STM-E). El macerado se dejó reposar por cinco minutos para permitir que las bacterias fluyeran hacia el macerado. La disección, el macerado y posterior cultivo de las muestras se realizaron dentro de la cámara de siembra (marca EACI, Envirco Cenvironmental air control) del laboratorio de fitopatología, Universidad del Valle de Guatemala. En la cámara de siembra se hizo el cultivo del macerado de cada fruto. Con la ayuda de un asa desinfectada con alcohol y flameado, se transfirió una gota del macerado a una caja petri con medio de cultivo agar nutritivo (preparado y conservado en refrigeradora de material limpio del laboratorio de fitopatología), este medio contiene los nutrientes básicos y necesarios que las bacterias necesitan para su desarrollo (Schaad, 1988). La gota se estrió sobre el agar nutritivo haciendo un zigzag sin levantar el asa hasta cubrir un cuarto de la caja petri, luego la caja petri se giró 90 grados y con el asa flameada y enfriada se estrió nuevamente pasando una sola vez el asa sobre las bacterias del estriado anterior, este último paso se repitió una vez más; al flamear el asa en cada cambio, se logra que las bacterias se separen y que las bacterias crezcan en colonias individuales. Por cada macerado se hicieron dos repeticiones identificando correctamente las cajas con marcador permanente para evitar confusiones. Cada caja petri cultivada se selló con parafilm para evitar contaminación externa y se dejaron en el horno incubador (Incubadora Blue M – A unit of General signal, número B-2730-Q) a 27°C por 48 horas (Schaad, 1988).

Después de 48 horas de incubación se observó el crecimiento de las colonias de bacterias notando diferencia en color, tamaño, forma y consistencia. Se escogieron colonias de color amarillo o crema ya que son los colores típicos de los géneros *Erwinia*, *Pantoea* y *Xanthomonas* (géneros de interés para el estudio). Las distintas colonias se transferirán a una nueva caja con agar nutritivo utilizando el proceso de estriado explicado anteriormente. Estas nuevas cajas petri cultivadas se incubaron a 27°C y después de 24 horas se observó si el crecimiento de las colonias fuera uniforme para asegurar que se tuvieran colonias puras e individuales.

c. Pruebas de análisis. La preparación de los reactivos y medios diferenciales mencionados a continuación, así como la forma de llevar a cabo las pruebas y un diagrama de flujo para identificación de géneros de bacterias gram-negativas se encuentra con más detalle en los anexos (*vid.* Apéndice B).

1) Tinción de Gram y de Flagelos. Después de haber obtenido colonias puras de bacterias de los mangos, se hicieron las pruebas de tinción de gram y tinción de flagelos. Las pruebas de tinción de gram se hicieron para obtener la primera clasificación de las bacterias. Esta prueba diferencia dos grupos de bacterias basándose en la composición química de la pared celular, las bacterias gram-positivas retienen el primer tinte utilizado en el proceso tomando un color violeta a negro; mientras las gram-negativas no retienen este tinte y adquieren el color rojo del tinte contraste. Luego de hacer la tinción de gram las bacterias se observaron en el microscopio (Leitz Laborlux 513558) del laboratorio de fitopatología

echando una gota de aceite de inmersión sobre el frotis seco bajo el aumento 100x (100/1.25 OEL PHARCO 3) del microscopio, anotando forma y tamaño en micrómetros. De los resultados obtenidos, las bacterias gram-positivas fueron descartadas ya que las bacterias de interés para el análisis son géneros que pertenecen al grupo de las bacterias gram-negativas.

A las bacterias gram-negativas se les realizó la tinción de flagelos. Esta prueba tiñe los flagelos que rodean a la bacteria, observando si son peritricos, polares simples o polares compuestos. Los flagelos se observaron en el microscopio con aceite de inmersión bajo el lente de aumento 100x. La tinción se realizó para poder agrupar y comenzar a inferir resultados en conjunto con las demás pruebas. Las bacterias de interés para el análisis debieran de tener flagelos peritricos o un flagelo polar (según las enfermedades típicas reportadas en la literatura).

2) Pruebas de oxidasa y medios diferenciales. La oxidasa se efectuó como otra prueba de apoyo para distinguir los géneros de bacterias. Dentro del grupo de bacterias gram-negativas, los géneros *Erwinia*, *Pantoea* y *Xanthomonas* son oxidasa-negativa, mientras que las *Pseudomonas* son oxidasa-positiva.

Los medios diferenciales se utilizaron para clasificar los géneros de bacterias que pertenecen al grupo gram-negativo. Estos, son medios de cultivo preparados mediante compuestos químicos y distintos azúcares que permiten el crecimiento selectivo de las bacterias y poder clasificar las bacterias a nivel de género. Los medios diferenciales que se utilizaron para el análisis son: el medio para crecimiento anaeróbico Hugh-Liefson (HL), el medio extracto de levadura-dextrosa-carbonato de calcio (YDC) y el medio para formación de pigmento fluorescente KB.

La siembra en medio HL se hizo mediante una punzada con el asa infectada con la bacteria de interés en cada tubo con medio HL; se inocularon dos tubos por bacteria de las cuales a un tubo se le cubrió con 1 ml de aceite mineral para provocar un ambiente anaeróbico a la bacteria. La reacción positiva (crecimiento aeróbico y anaeróbico) de este medio diferencial clasifica las bacterias del género *Erwinia* o *Pantoea* (vid. Apéndice A).

El medio YDC en conjunto con el medio agar nutritivo, se utilizaron para ver la formación del color del pigmento de las colonias. La pigmentación amarilla es típica del género *Xanthomonas* y *Pantoea*. Los géneros *Erwinia*, en ocasiones algunas *Pantoea*, y *Pseudomonas* fluorescentes o no fluorescentes forman pigmentos crema o blanco. (vid. Apéndice A)

La formación de pigmento fluorescente en medio KB clasifica a las *Pseudomonas* del grupo fluorescente, lo cual es visible con una lámpara de luz UV (UV-lamp 4W/366nm de Merck, código 1.13203.001) en las colonias que han crecido en medio KB.

3) Reacciones observadas. Las reacciones obtenidas de la tinción de gram y de flagelos, de la prueba de oxidasa y de los medios diferenciales se tabularon para llegar a una clasificación tentativa del

género. De las observaciones que se realizaron se escogieron las bacterias representativas de cada grupo para continuar con las demás pruebas.

4) Pruebas bioquímicas específicas útiles para confirmación de género. Estas pruebas se realizaron sembrando una solución bacteriana en el kit API20NE, luego se observaron a las 24 y 48 horas las reacciones. Las pruebas se efectuaron según como se indica en el Manual instructivo para Kit API20NE.

a) Reducción nitratos: Es de utilidad para clasificar unas especies del género *Pantoea*, y para diferenciar bacterias *Erwinia* grupo carotovora (reducción de nitratos positiva) y *Erwinia* grupo amylovora (reducción de nitratos negativa en su mayoría).

b) Producción de indol: Todas las especies de *Erwinia* no producen indol (reacción negativa); las especies del género *Pantoea* varían en cuanto a la producción de indol, aunque en su mayoría no producen indol.

c) Producción de ureasa: Los géneros *Erwinia* (con excepción de dos especies), *Pantoea* y *Xanthomonas* no producen la enzima ureasa, son ureasa negativa.

d) Crecimiento en medio de glucosa anaeróbica: esta prueba consiste en los mismos principios que el medio diferencial HL, por lo que la reacción de las bacterias en ésta debió confirmar la reacción en el medio HL anteriormente utilizado.

5) Prueba de hipersensibilidad en hojas de tabaco (HR). En hojas de tabaco var. Burley se inyectó una solución bacteriana con el fin de conocer si la bacteria es capaz de provocar infección a la hoja para concluir si es una bacteria fitopatógena (no es una prueba de patogenicidad).

En el espacio intervenal de una hoja sana y libre de manchas cloróticas se inyectó la solución bacteriana con turbidez entre 0.08 a 0.1 unidades ópticas leídas en un espectrofotómetro a 640nm. En la misma hoja, en otro espacio intervenal, se inyectó la solución control (sin bacteria) con el fin de saber si la reacción no fue causada por contaminación. La solución bacteriana y la solución control se inyectaron de manera que éstas quedaron en el espacio intracelular de la hoja. Se reportó una reacción positiva cuando a las 24 a 72 horas la solución bacteriana provocara clorosis o colapso total del espacio intervenal inyectado.

d. Observaciones finales. Se anotaron las reacciones obtenidas de todas las pruebas tomando en cuenta las reacciones de los medios diferenciales, la prueba HR en tabaco y las pruebas bioquímicas útiles del API20NE. Esto se hizo para confirmar la identificación inicial del género que se había obtenido. Las bacterias se clasificaron hasta género y los resultados de la prueba HR en tabaco nos permitió clasificar si la bacteria era patógena o de formación secundaria debido a estrés.

6. **Análisis Estadístico.** Para el análisis de los datos se utilizó un diseño factorial evaluando los datos recabados basándose en tres variables independientes:

- Tratamiento térmico: mangos con tratamiento térmico y sin tratamiento térmico
- Temperatura de almacenamiento: cinco temperaturas de almacenamiento (temperatura ambiente (68° F), 47°, 50°, 51°, y 53°F).
- Duración de almacenamiento: cuatro períodos de almacenamiento refrigerado más 5 días de almacenamiento a temperatura ambiente (68° F) para simular el tiempo de venta en anaquel (6 + 5 días, 12 + 5 días, 18 + 5 días, y 24 + 5 días).

El diseño factorial 2x5x4 con un total de 100 distintos tratamientos se evaluaron observando las siguientes variables dependientes:

- a. Pérdida de peso porcentual
- b. Coloración superficial (índice subjetivo)
- c. Firmeza de la pulpa
- d. Composición química de la pulpa: sólidos solubles, pH y relación Brix/pH.

Para los análisis estadísticos del diseño factorial se utilizó un análisis de varianza con probabilidad de error del 5% y posteriormente un análisis de separación de medias con probabilidad de error del 5% utilizando la prueba de rangos críticos de duncan.

7. **Análisis de Pudrición del Pedúnculo del mango y organismo asociado.** La incidencia de pudrición del pedúnculo del mango se reportó como porcentajes de pudrición por finca, basándose en el diseño experimental, según tratamiento, temperaturas y duración del almacenamiento. La identificación del organismo asociado con la pudrición en los mangos se reportó como un análisis descriptivo. Esto se debe a que el análisis se enfocó solamente hacia una enfermedad, bacteriosis.

## IV. RESULTADOS

### A. Resultados de calidad, efectos de tratamientos en los frutos

#### 1. Período de 11 días (6 + 5 días) de almacenamiento

a. Porcentaje de pérdida de peso en los frutos. Los mangos sufrieron mayores porcentajes de pérdida de peso al ser almacenados a temperatura ambiente, entre éstos, el porcentaje de pérdida de peso para mangos almacenados a temperatura ambiente sin tratamiento térmico previo fue significativamente mayor con respecto al resto de tratamientos (Fig. 1). Con respecto al resto de tratamientos de almacenamiento refrigerado, no se encontraron diferencias significativas en pérdida de peso a causa de la temperatura de almacenamiento o tratamiento térmico manteniéndose entre ellas un promedio de 3.36% de pérdida de peso al cabo de 11 días de almacenamiento.

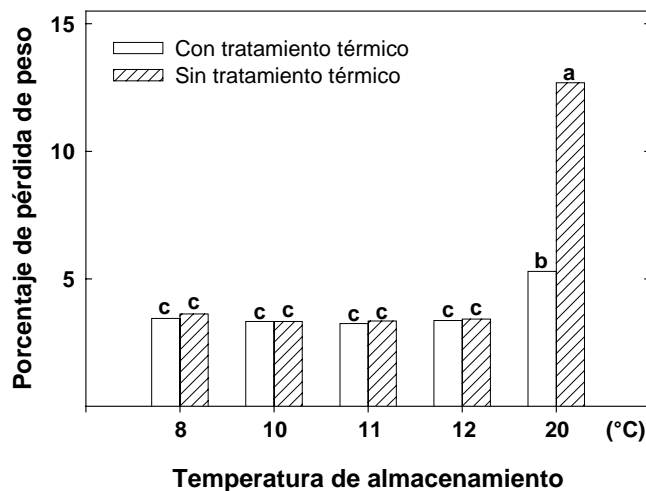


Figura 1. Análisis del porcentaje de pérdida de peso de mangos almacenados por 11 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 0.84.

b. Coloración superficial de frutos. A los 11 días de almacenamiento no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos y temperaturas de almacenamiento ( $P > 0.24$ ) para la coloración superficial de las frutas. Los tratamientos mantuvieron un promedio de 3.79 unidades (cerca de 60% de coloración superficial) entre ellas en la escala subjetiva de color, obteniéndose uno de los promedios más altos cuando los frutos se almacenaron a temperatura ambiente con o sin tratamiento térmico (Fig. 2). La

coloración más baja fue de 3.37 unidades y se obtuvo cuando los frutos fueron tratados térmicamente y almacenados a 11°C.

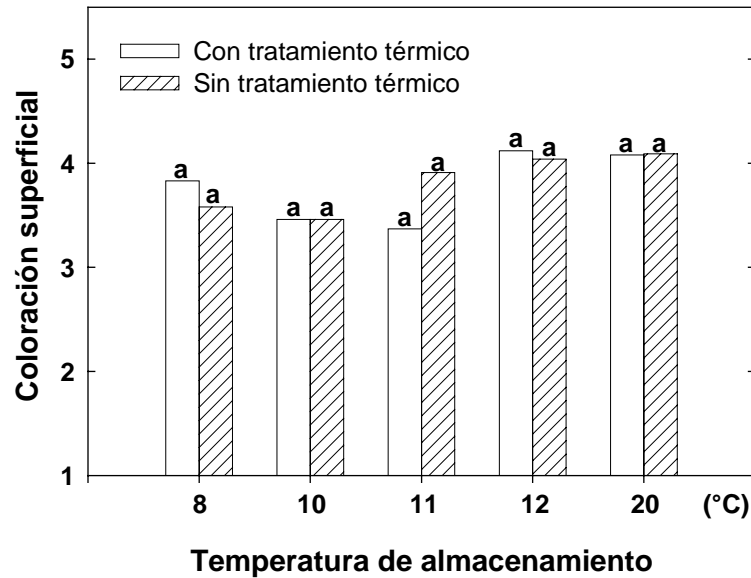


Figura 2. Comparación estadística sobre coloración de mangos almacenados por 11 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 0.768.

c. Firmeza de pulpa. Los frutos almacenados por 11 días mantuvieron la pulpa significativamente más firme cuando fueron tratados térmicamente y almacenados a 11°C ( $P > 0.0001$ ). La firmeza también fue alta en mangos almacenados a 8 y 10°C con tratamiento térmico, al igual que estando almacenados a 8 y 10°C sin tratamiento térmico. Por el contrario, se obtuvo reducciones significativas en firmeza cuando éstos se almacenaron a temperatura ambiente sin haber recibido tratamiento hidrotérmico, tratamiento que promedió 6.17 lbs de presión (Fig. 3). Los demás tratamientos no mostraron diferencia entre ellos, sin embargo se observó una tendencia a obtener una mayor firmeza en la pulpa cuando los mangos fueron tratados térmicamente previo a su almacenamiento refrigerado.

d. PH de pulpa. En general los mangos con tratamiento térmico mantuvieron los niveles más bajos de pH (Fig. 4) con respecto a aquellos que no fueron tratados térmicamente. De los mangos sin tratamiento térmico almacenados a 10°C se obtuvo el pH significativamente más alto ( $P > 0.0002$ ), el cual no muestra diferencia con los frutos que no recibieron tratamiento térmico y que estuvieron almacenados a 11°C.

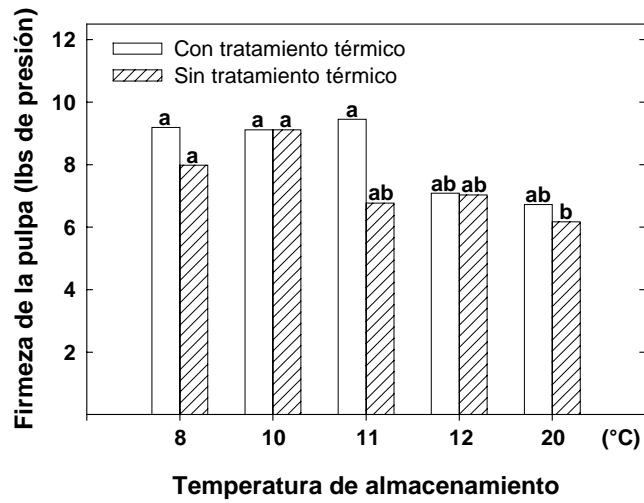


Figura 3. Análisis estadístico de firmeza de pulpa en mangos almacenados por 11 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 1.72.

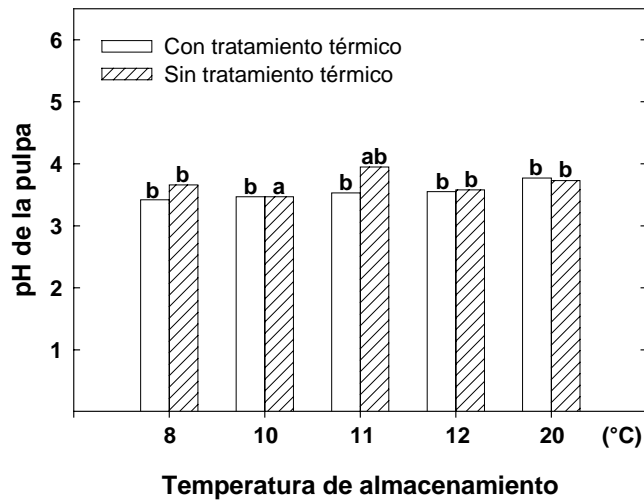


Figura 4. Análisis estadístico de pH de la pulpa de mangos almacenados por 11 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 0.357.

e. Sólidos solubles. A los 11 días de almacenamiento se pudo observar una tendencia en el contenido de sólidos solubles que era directamente proporcional a la temperatura de almacenamiento. (Fig. 5). Indiferentemente del tratamiento térmico, las frutas almacenadas a temperatura ambiente, demostraron niveles significativamente mayores de sólidos solubles comparados con las frutas almacenadas bajo refrigeración.

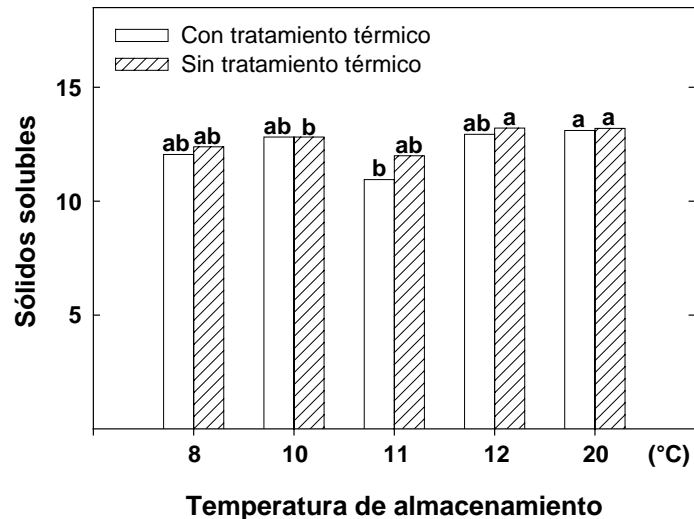


Figura 5. Análisis estadístico de grados Brix de mangos almacenados por 11 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 1.289.

f. Relación Brix/pH. Después de 11 días, la relación grados Brix/pH de la pulpa presentó diferencias estadísticas entre tratamientos ( $P > 0.001$ ). Los mangos con tratamiento térmico almacenados a 12°C presentaron la media estadísticamente más alta y diferente comparada con los mangos sin tratamiento térmico almacenados a 10 y 11°C (Fig. 6). Entre las medias estadísticamente más bajas, también hubo una diferencia estadísticamente significativa al ser comparada con los mangos que fueron almacenados a 11°C pero con previo tratamiento térmico. El promedio de las medias es de 3.38 grados Brix/pH. Los frutos tratados térmicamente mantuvieron un promedio de 3.54 mientras los frutos sin tratamiento térmico tienen un promedio de 3.23.

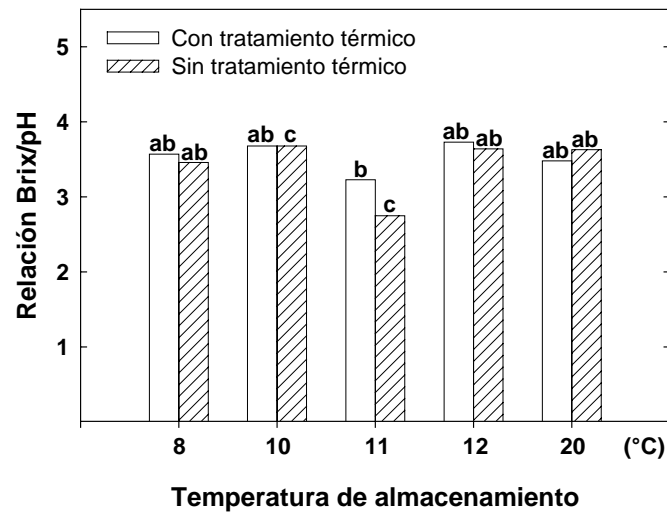


Figura 6. Comparación estadística de la relación brix/pH de mangos almacenados 11 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 0.46.

## 2. Período de 17 días (12 +5 días) de almacenamiento

a. Porcentaje de pérdida de peso de frutos. La menor pérdida de peso en mangos se obtuvo cuando éstos recibieron tratamiento térmico y fueron almacenados a 8°C y 12°C (Fig. 7). Los frutos presentaron una significativa diferencia cuando fueron tratados térmicamente y almacenados a 11°C ( $P > 0.0014$ ), siendo el porcentaje de pérdida de peso más alto del experimento. Entre las demás muestras no hubo diferencia significativa entre ellas. Las medias más bajas se mantuvieron cuando los frutos fueron tratados térmicamente, oscilando en un promedio de 6.88%, mientras que el promedio de los frutos sin tratamiento térmico se mantuvo en un 7.11% de pérdida de peso.

b. Coloración superficial de frutos. Después de 17 días la coloración de la superficie de los mangos presentó diferencias estadísticas entre tratamientos y temperaturas de almacenamiento ( $P > 0.011$ ). La media más alta se obtuvo cuando los frutos fueron tratados térmicamente y se mantuvieron almacenados a temperatura ambiente (Fig. 8), siendo significativamente diferente a los mangos almacenados a 8 y 11°C con previo tratamiento térmico. Los frutos con tratamiento térmico tuvieron un promedio de medias de 3.84 unidades y los mangos sin tratamiento térmico promediaron 3.88 unidades, por lo que la mayoría de frutos mantuvieron una coloración entre 40 a 60% de pigmentación.

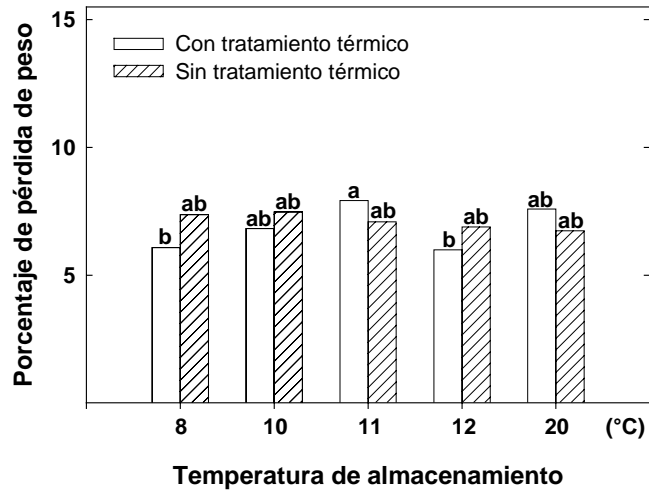


Figura 7. Análisis del porcentaje de pérdida de peso de mangos almacenados por 17 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 1.05.

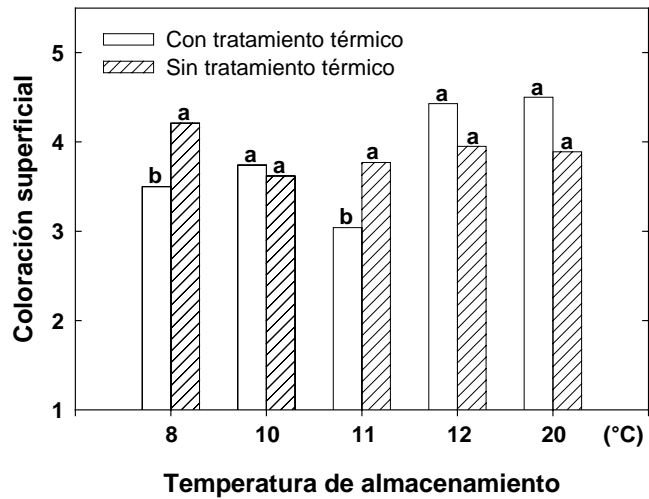


Figura 8. Comparación estadística sobre coloración de mangos almacenados por 17 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 0.82.

c. Firmeza en pulpa. Los mangos con tratamiento térmico almacenados a 8°C y 11°C presentaron los niveles de firmeza significativamente mayores (Fig.9). Por el contrario, cuando los frutos fueron tratados térmicamente, pero almacenados a 12°C y a temperatura ambiente, se observaron los índices de firmeza más bajos. Sólo entre estos tratamientos se presentó diferencia significativa ( $P>0.0001$ ), ya que los restantes tratamientos fueron estadísticamente iguales manteniéndose un promedio de 4.20 libras de presión. Los frutos con tratamiento térmico promediaron una firmeza más alta, 4.50 lbs de presión, mientras los frutos sin tratamiento térmico promediaron 4.10 lbs de presión, aunque estos últimos se mantienen entre rangos más parejos que los tratados térmicamente.

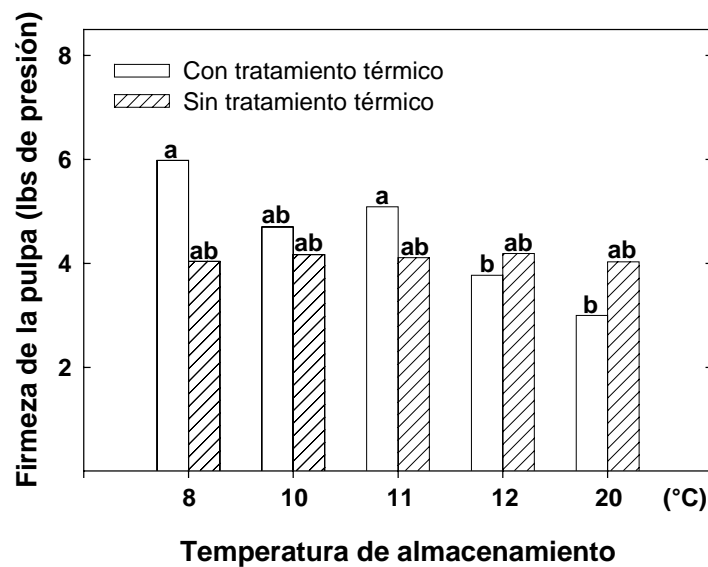


Figura 9. Análisis estadístico de firmeza de pulpa en mangos almacenados por 17 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 1.23

d. pH de pulpa. A los 17 días, se obtuvieron tratamientos significativamente diferentes ( $P>0.0001$ ) cuando los frutos fueron tratados térmicamente y almacenados a temperatura ambiente, siendo éste el mayor rango de pH en la pulpa, comparado con los frutos con tratamiento térmico pero almacenados a 8°C (Fig. 10). Entre el resto de tratamientos no se obtuvo diferencias estadísticas. El promedio de las medias oscila entre un pH de 4.01.

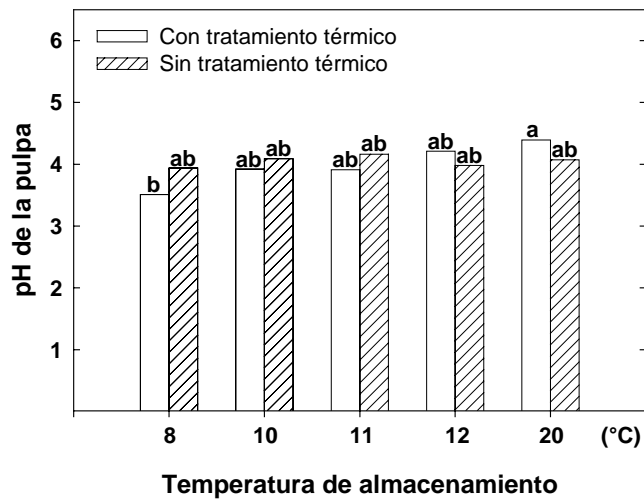


Figura 10. Análisis estadístico de pH de la pulpa de mangos almacenados por 17 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 0.35.

e. Sólidos solubles . Después de 17 días hubo diferencias significativas entre tratamientos ( $P>0.0328$ ). La media más alta se obtuvo cuando los frutos no fueron tratados térmicamente y estuvieron almacenados a 11°C (Fig. 11). Por el contrario la media más baja se dio cuando los mangos fueron tratados térmicamente y almacenados a 10°C. No hubo diferencias entre los promedios de frutos con tratamiento térmico, 13.46 grados Brix, y los frutos sin tratamiento térmico, con 13.63 grados Brix. El promedio general osciló entre 13.55 grados Brix.

f. Relación Brix/pH. Después de 17 días el promedio de los tratamientos se mantuvo alrededor de 3.46 grados Brix/pH, presentando diferencias significativas (Fig. 12). Los mangos con tratamiento térmico almacenados a 8°C y 11°C, al igual que los no tratados térmicamente almacenados a 8°C presentaron la relación Brix/pH más altos, siendo significativamente diferentes a los mangos con tratamiento térmico almacenados a 10°C, 12°C y a temperatura ambiente y los que no fueron tratados térmicamente que estuvieron almacenados a 10°C y 12°C ( $P>0.00017$ ). Las demás muestras no presentaron diferencias significativas con las descritas anteriormente. El promedio de los tratamientos significativamente altos fue 3.82 grados Brix/pH, mientras el promedio significativamente más bajo fue de 3.21 grados Brix/pH.

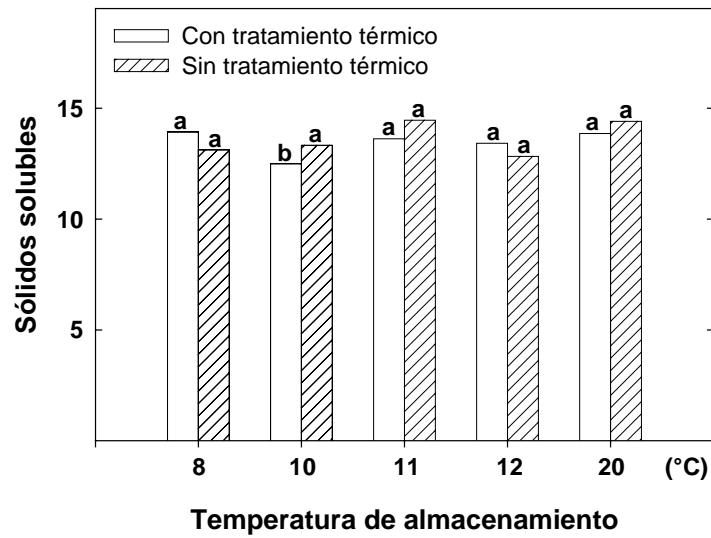


Figura 11. Análisis estadístico de grados brix de mangos almacenados por 17 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 1.806.

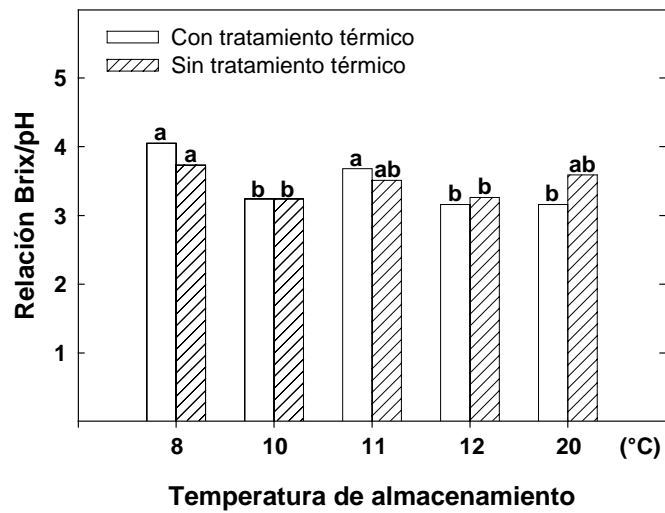


Figura 12. Comparación estadística, relación brix/pH de mangos almacenados por 17 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 0.46.

### 3. Período de 23 días (18 + 5 días) de almacenamiento

a. Porcentaje de pérdida de peso de frutos. Los frutos que se almacenaron a temperatura ambiente, con o sin tratamiento térmico, presentaron pudrición completa, por lo que ya no eran aptos para una comparación estadística.

Las pruebas significativamente diferentes a las demás se obtuvo cuando los frutos fueron almacenados a 10°C con tratamiento térmico, presentando el mayor porcentaje de pérdida de peso, mientras que los frutos con tratamiento térmico almacenados a 8°C sufrieron menos pérdida de peso ( $P>0.00001$ ). Los frutos que no fueron tratados térmicamente mantuvieron un porcentaje de pérdida de peso más equitativo oscilando en un promedio de 8.68%, aunque este promedio es mayor que dos de las pruebas que sí fueron térmicamente tratadas (Fig. 13).

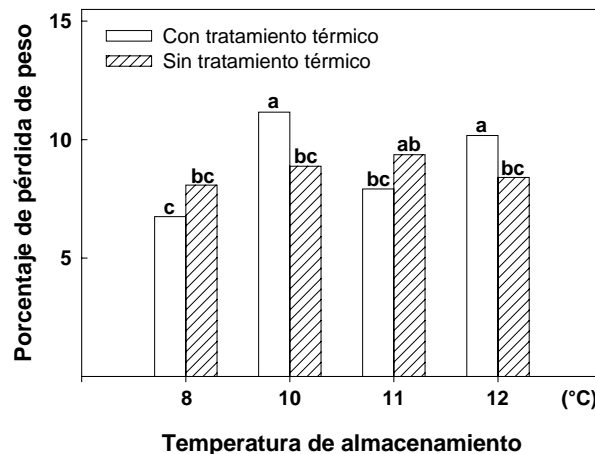


Figura 13. Análisis del porcentaje de pérdida de peso de mangos almacenados por 23 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico =1.27.

b. Coloración superficial de frutos. Luego de 23 días de almacenamiento se obtuvo una diferencia significativamente más baja en la coloración, los mangos con tratamiento térmico almacenados a 8°C obtuvieron un rango bajo de 2.78 unidades (Fig. 14). En comparación, los mangos almacenados a 10°C y 12°C con previo tratamiento térmico y los almacenados a 10, 11 y 12°C sin tratamiento térmico fueron estadísticamente más altos ( $P>0.00000$ ), promediando en 4.61 unidades. Los frutos significativamente más altos formaron una pigmentación entre 60 al 80%.

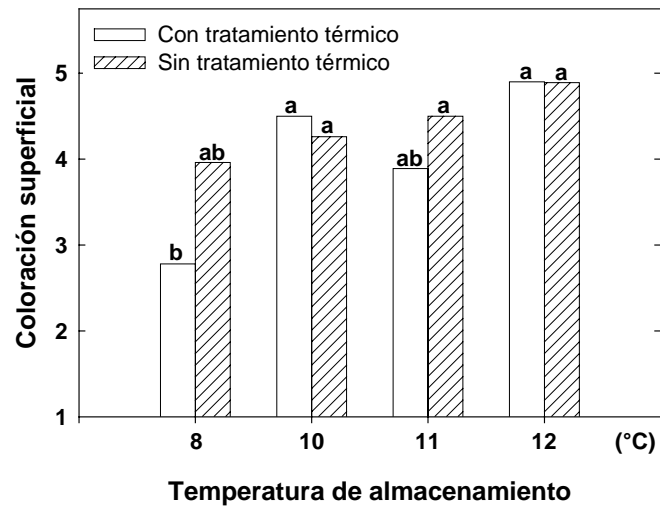


Figura 14. Comparación estadística sobre coloración de mangos almacenados por 23 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 0.756.

c. Firmeza de pulpa. A los 23 días, los frutos con tratamiento térmico almacenados a 8°C tuvieron la pulpa significativamente más firme (Fig. 15). Los mangos con tratamiento térmico almacenados a 11°C y los frutos sin tratamiento térmico almacenados a 8 y 10°C son significativamente diferentes a la prueba anterior, pero aun presentando una firmeza mayor que el resto de las pruebas ( $P > 0.000$ ), oscilando en un promedio de 3.97lbs de presión. Las demás pruebas, mangos con tratamiento térmico almacenados a 10°C y 12°C, al igual que los mangos sin tratamiento térmico almacenados a 11°C y 12°C, no presentan diferencia significativa entre ellas pero sí con el resto, manteniendo un promedio de 2.34 libras de presión.

d. PH de pulpa. Después de 23 días no hubo diferencia estadística en cinco de los ocho tratamientos (Fig. 16). Éstos mantuvieron un pH promedio de 4.11, lo cual es significativamente bajo comparado con los frutos que no fueron tratados térmicamente y que estuvieron almacenados a 12°C ( $P > 0.00001$ ). Los mangos con tratamiento térmico almacenados a 12°C y los que no fueron tratados térmicamente almacenados a 11°C, no presentaron diferencia significativa con el resto de los tratamientos, aunque el rango de pH de éstos es relativamente alto comparado con los demás. El promedio de las medias es de 4.35, siendo los frutos sin tratamiento térmico los que promediaron más alto.

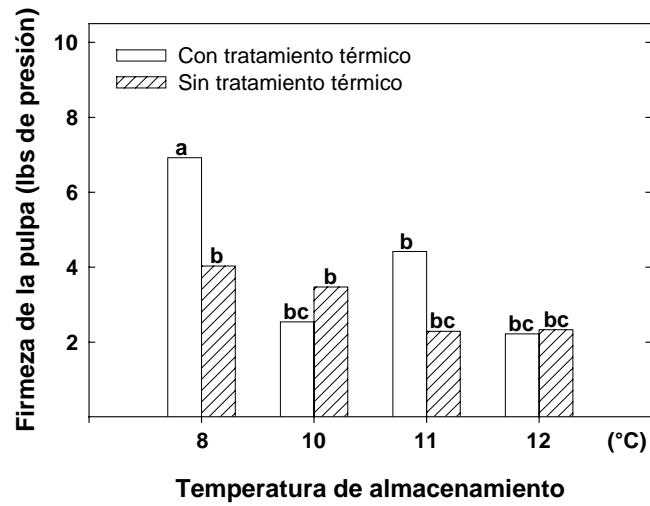


Figura 15. Análisis estadístico de firmeza de pulpa en mangos almacenados por 23 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 0.998.

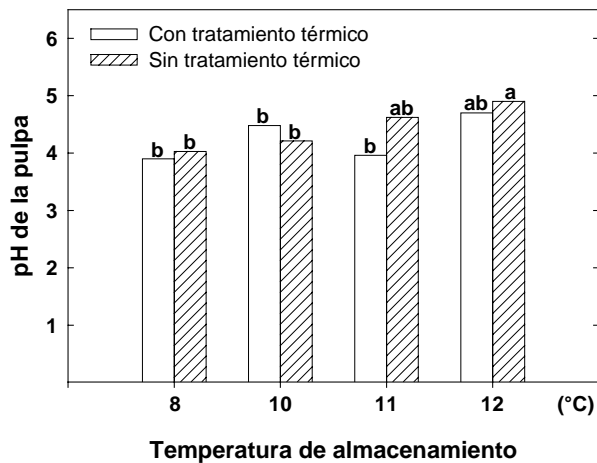


Figura 16. Análisis estadístico de pH de la pulpa de mangos almacenados por 23 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 0.38.

e. Sólidos solubles. Con 23 días de almacenamientos los sólidos solubles en los mangos no presentaron diferencias significativas entre tratamientos y temperaturas de almacenamiento ( $P>0.82$ ). El índice de grados Brix más alto es de 14.11, el cual se produjo cuando los mangos no fueron tratados térmicamente y estuvieron almacenados a 10°C (Fig. 17). La media más baja fue de 12.58 grados Brix y se obtuvo cuando los frutos fueron almacenados a 8°C con previo tratamiento térmico. El promedio de las medias fue de 13.44 grados Brix, sin existir mayor diferencia entre los frutos con tratamiento térmico y sin tratamiento térmico, aunque los no tratados tuvieron un promedio más alto de 13.77 grados Brix.

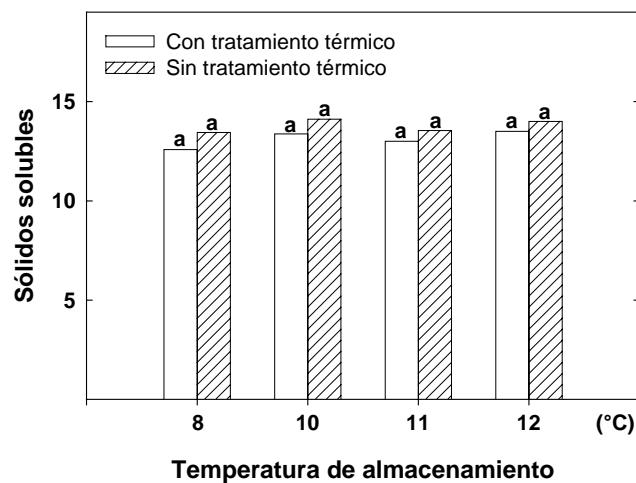


Figura 17. Análisis estadístico de grados Brix de mangos almacenados por 23 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 2.467.

f. Relación Brix/pH. La relación Brix/pH a los 23 días mantuvo un promedio de 3.17 grados Brix/Ph, obteniendo diferencias significativas entre tratamientos ( $P>0.041$ ). No hubo una tendencia marcada entre los frutos con tratamiento térmico, que promediaron 3.16 grados Brix/pH, y los frutos sin tratamiento térmico, que promediaron 3.18 grados Brix/pH. El índice grados Brix/pH estadísticamente más alto se obtuvo cuando los frutos no fueron tratados térmicamente y estuvieron almacenados a 8°C, seguido por los frutos que sin tratamiento térmico almacenados a 10°C (Fig. 18). En comparación, los índices estadísticamente más bajos se obtuvieron cuando los frutos con y sin tratamiento térmico estuvieron almacenados a 12°C. Entre los demás tratamientos no hubo una diferencia estadística significativa.

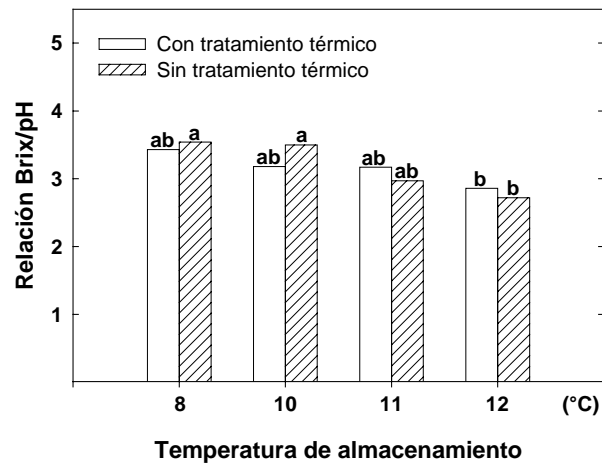


Figura 18. Comparación estadística, relación Brix/pH de mangos almacenados 23 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 0.61.

#### 4. Período de 29 días (24 + 5 días) de almacenamiento

a. Porcentaje de pérdida de peso de frutos. Los mangos con o sin tratamiento térmico almacenados a temperatura ambiente se pudrieron en su totalidad, por lo que no se incluyeron en el análisis a los 29 días de almacenamiento.

El análisis de pérdida de peso presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos y temperaturas de almacenamiento ( $P > 0.0003$ ). Los frutos almacenados a 8°C con previo tratamiento térmico mostraron una diferencia estadística significativa comparada con los mangos que estuvieron almacenados a 10°C con previo tratamiento térmico y sin tratamiento térmico (Fig. 19). Estos frutos, almacenados a 8°C con tratamiento térmico, también fueron estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos. Los mangos almacenados a la temperatura más baja, fueron los que mantuvieron una menor pérdida de peso.

b. Coloración superficial de frutos. Los frutos almacenados a 12°C que sí fueron tratados térmicamente presentaron una coloración ideal de 5 unidades, es decir que alcanzaron una pigmentación superficial entre 80 al 100% (Fig. 20). La coloración superficial demostró una diferencia significativa con los mangos que fueron tratados térmicamente y almacenados a 11°C y comparado con los mangos sin tratamiento térmico almacenados a 8°C ( $P > 0.00001$ ). Estos últimos promediaron 3.53 unidades, por lo que a los 29 días estos mangos formaron solamente una pigmentación entre 40 al 60%. Entre los demás

tratamientos no hubo diferencia estadística significativa. El promedio de todas las medias fue de 4.22 unidades, por lo que en su mayoría, a los 29 días de almacenamiento se obtuvo una pigmentación entre el 60 y 80%.

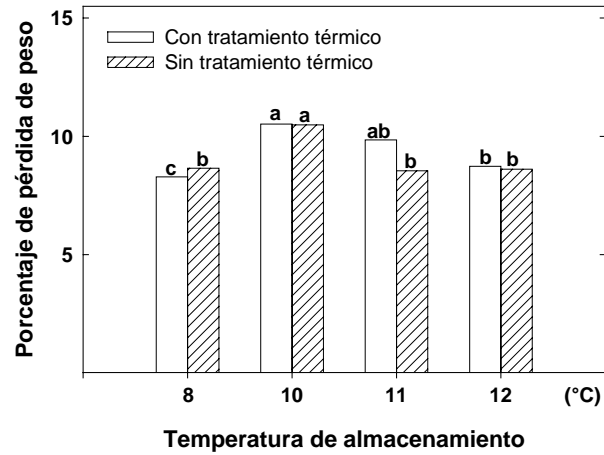


Figura 19. Análisis del porcentaje de pérdida de peso de mangos almacenados por 29 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 1.35

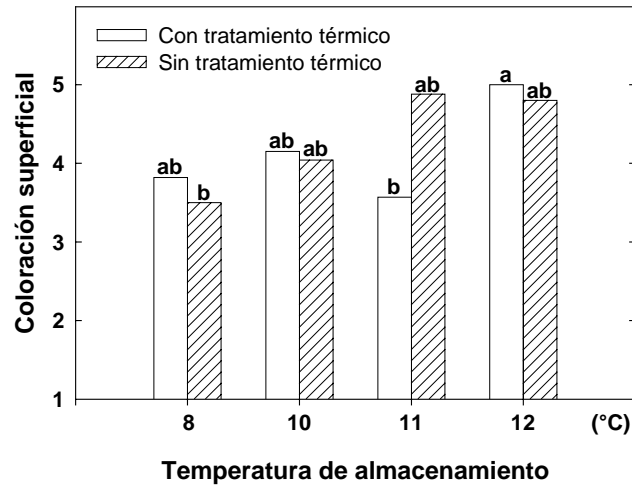


Figura 20. Comparación estadística sobre coloración de mangos almacenados por 29 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 0.736

c. Firmeza de pulpa. Los mangos con tratamiento térmico almacenados a 8°C al igual que los no tratados térmicamente almacenados a 8°C, mantuvieron la mayor firmeza en la pulpa (Fig. 21). Estas mostraron una diferencia significativa, no siendo más baja la firmeza en los mangos tratados térmicamente almacenados a 10°C y 11°C al igual que los no tratados térmicamente almacenados a 10°C ( $P>0.0000$ ). La firmeza significativamente más baja se obtuvo cuando los frutos fueron almacenados a 12°C sin tratamiento térmico.

d. PH de pulpa. Luego de 29 días, los mangos con tratamiento térmico almacenados a 11°C y 12°C, al igual que los frutos sin tratamiento térmico almacenados a 11°C y 12°C, no presentaron diferencias significativas en pH manteniendo los rangos de pH más altos (Fig. 22). En comparación, los mangos con tratamiento térmico almacenados a 8°C y los frutos sin tratamiento térmico almacenados 8°C dieron los niveles más bajos y significativamente diferentes de los demás tratamientos ( $P>0.00000$ ). Los mangos con pH significativamente alto promediaron alrededor de 4.37 y los frutos sin tratamiento térmico de este grupo tuvieron los niveles de pH más altos, es decir que fueron los frutos con menor acidez.

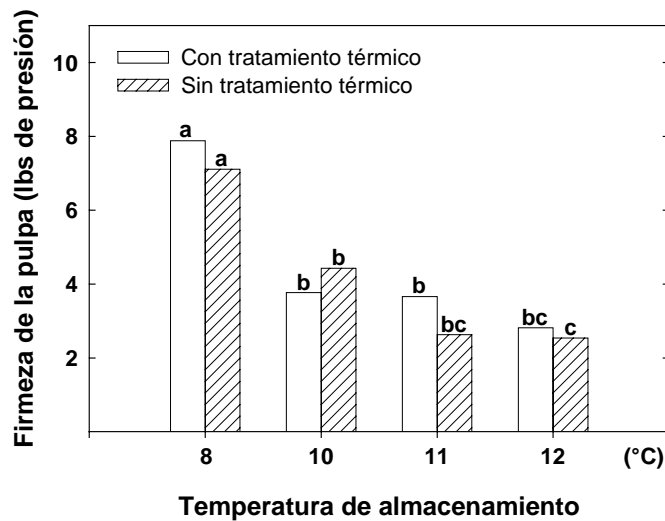


Figura 21. Análisis estadístico de firmeza de pulpa en mangos almacenados por 29 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 1.12.

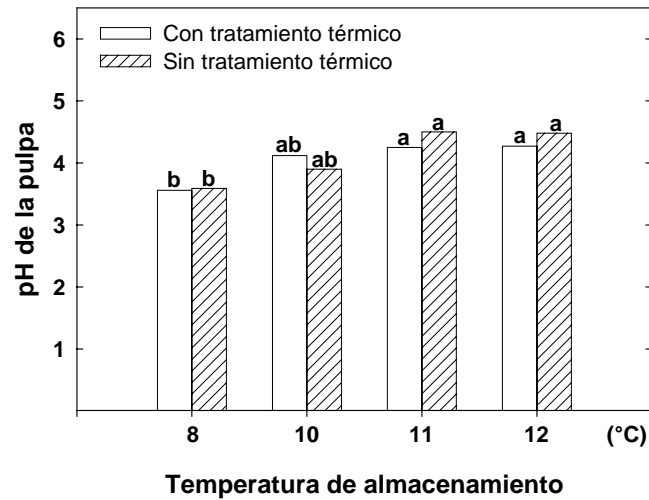


Figura 22. Análisis estadístico de pH de la pulpa de mangos almacenados por 29 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 0.246.

e. Sólidos solubles. Al cumplir 29 días de almacenamiento no se dieron diferencias significativas entre tratamientos y diferentes temperaturas de almacenamiento ( $P > 0.124$ ), manteniéndose un promedio de 13.35 grados Brix. Los mangos sin tratamiento térmico almacenados a 12°C dieron el índice más alto (Fig. 23). Entre tratamientos, los frutos con tratamiento térmico mantuvieron un promedio de 13.09, el cual es más bajo que el promedio de 13.60 grados Brix que se obtuvo cuando los frutos no fueron tratados térmicamente. Los grados Brix más bajos se presentaron cuando los frutos fueron tratados térmicamente y almacenados a 10°C, mientras los grados Brix más altos se obtuvieron cuando los frutos estuvieron almacenados a 12°C sin previo tratamiento térmico.

f. Relación Brix/pH. Los mangos almacenados por 29 días presentaron diferencias estadísticamente diferentes cuando fueron almacenados a 10°C con previo tratamiento térmico ( $P > 0.05$ ), siendo estos frutos los que mantuvieron la relación más baja. El resto de tratamientos a diferentes temperaturas no presentaron diferencias estadísticas entre ellas (Fig. 24). El promedio de los frutos con tratamiento térmico fue de 3.28, el cual es más bajo que los frutos sin tratamiento térmico, que promediaron 3.52 grados Brix/pH. El promedio general de todos los tratamientos fue de 3.40 grados Brix/pH.

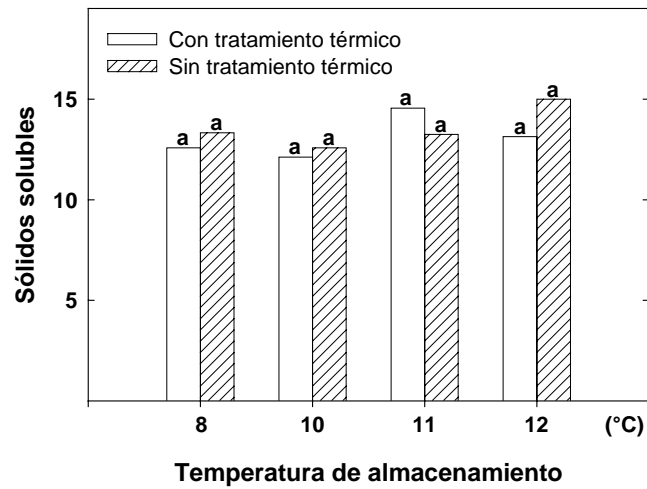


Figura 23. Análisis estadístico de grados Brix de mangos almacenados por 29 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 2.187.

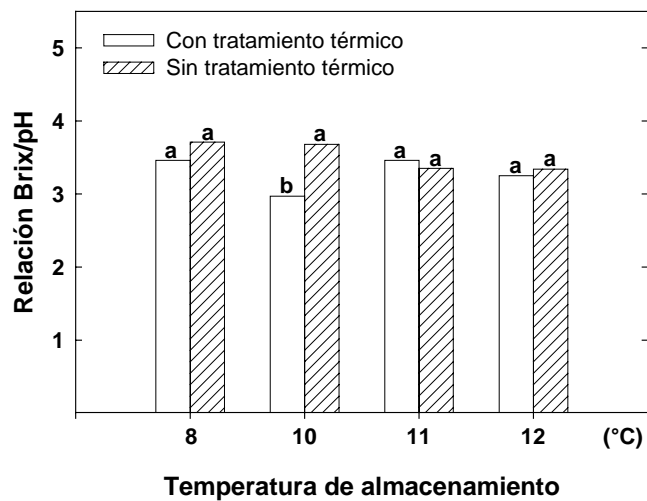


Figura 24. Comparación estadística, relación Brix/pH de mangos almacenados por 29 días. Las medias con letras diferentes son significativamente distintas con un 95% de probabilidad basado en la prueba de rangos críticos de Duncan. Rango crítico = 0.528.

## B. Efectos de los tratamientos en la incidencia de problemas fitopatológicos

1. Porcentajes de pudrición de mangos a los 11 (6 + 5) días de almacenamiento, efecto de temperatura y finca. Los mangos tratados con agua caliente que fueron almacenados a las distintas temperaturas por 6 días y luego colocados 5 días a temperatura ambiente, no presentaron daños por pudrición en ninguno de los tratamientos de refrigeración. En contraste, Los mangos sin tratamiento térmico que estuvieron sometidos a diferentes temperaturas de almacenamiento por 6 días y luego fueron puestos a temperatura ambiente por 5 días si demostraron los primeros síntomas de pudrición del pedúnculo. Los frutos sin tratamiento térmico almacenados a 8°C no presentaron síntomas de pudrición (Fig. 25). Entre del resto de tratamientos de almacenamiento, los mangos almacenados a 10°C fueron los que menos pudrición presentaron. Los frutos no presentan daños por pudrición al terminar este período de almacenamiento en frío, con excepción de la finca A y B. En la finca B un 44% de los frutos se pudrió estando almacenados a temperatura ambiente durante este período. En la finca E y F se pudrió solo una fruta estando almacenada a 20°C por 11 días.

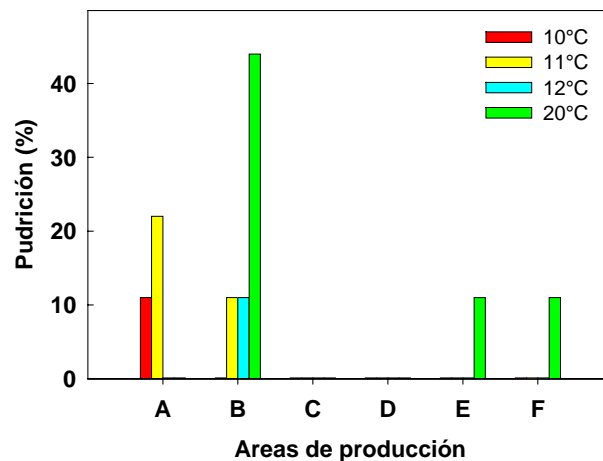


Figura 25. Porcentaje de pudrición de mangos sin tratamiento térmico que estuvieron almacenados por 11 días a 10, 11, 12 y 20°C. Los frutos fueron cosechados en seis fincas representativas de la Costa Sur de Guatemala.

2. Porcentajes de pudrición de mangos a los 17 (12 + 5) días de almacenamiento, efecto de temperatura y finca. De las 6 fincas evaluadas, los mangos que recibieron tratamiento térmico y estuvieron almacenados a 8°C por 12 días no presentaron daño por pudrición, exceptuando la

finca F donde se pudrió un fruto (Fig. 26). La finca A y B presentaron mayor porcentaje de pudrición a las temperaturas más altas de almacenamiento. Los frutos de las finca C y E no presentaron daño al haber sido tratados con agua caliente y almacenados a diferentes temperaturas. En la finca D sólo 11% de los frutos se pudrió al haber sido almacenados a 12 y 20°C, mientras que en la finca F un 11% de los frutos se pudrió estando almacenados a 8°C, lo cual se considera como un daño menor. Los mangos presentaron mayor daño cuando fueron almacenados a 12°C y a temperatura ambiente.

Los frutos sin tratamiento térmico almacenados por 17 días no presentaron pudrición cuando fueron almacenados 8°C. A los 10°C por lo menos el 11% de los mangos de las seis fincas se pudrieron, habiendo mayor pudrición (44%) en la finca A (Fig. 27). Estando a 11°C no más del 22% de los frutos de las distintas fincas se pudrieron, mientras que a los 12°C y 20°C se comenzó a presentar mayor pudrición. La finca A y B presentaron más daño de pudrición. Las fincas C y D obtuvieron un porcentaje relativamente bajo de pudrición de frutos almacenados a las distintas temperaturas. Por el contrario, E y F no presentaron pudrición significativa a las diferentes temperaturas, es decir, casi en su totalidad no más de un 11% de los frutos se pudrió.

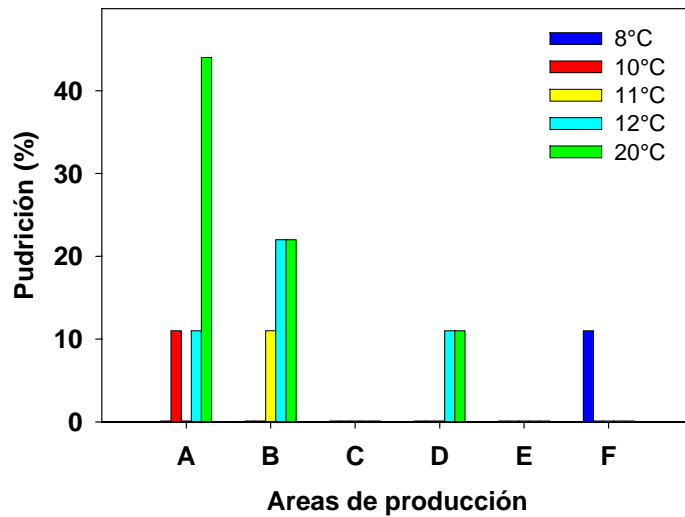


Figura 26. Porcentaje de pudrición de mangos con tratamiento térmico que estuvieron almacenados por 11 días a 10, 11, 12 y 20°C. Los frutos fueron cosechados en seis fincas representativas de la Costa Sur de Guatemala.

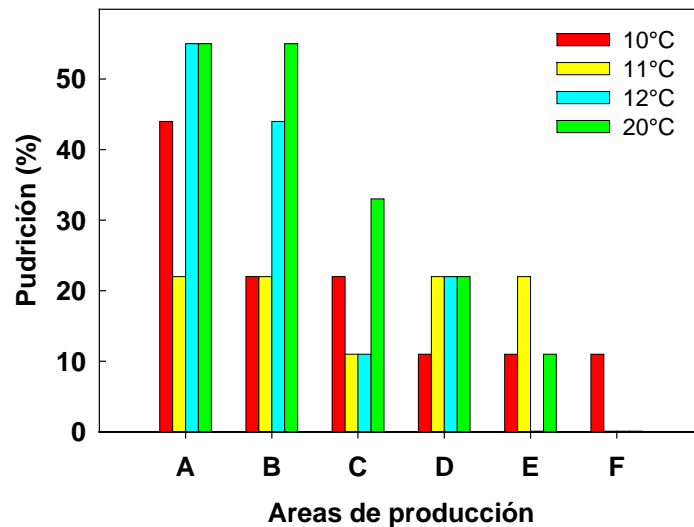


Figura 27. Porcentaje de pudrición de mangos sin tratamiento térmico que estuvieron almacenados por 11 días a 10, 11, 12 y 20°C. Los frutos fueron cosechados en seis fincas representativas de la Costa Sur de Guatemala.

3. Porcentajes de pudrición de mangos a los 23 (18 + 5) días de almacenamiento, efecto de temperatura y finca. Los frutos almacenados a 20°C por 23 días presentaron una pudrición completa. Los mangos que recibieron tratamiento térmico y fueron almacenados a 11 y 12°C presentaron los mayores porcentajes de pudrición, manteniéndose alrededor de un 44% de pudrición a los 12°C (Fig. 28). Las temperaturas más beneficiosas para almacenar mangos y prevenir daño por pudrición fueron a los 8 y 10°C. Los frutos a 8°C no presentan pudrición significativa, exceptuando en la finca B, donde un 33% se pudrió. La finca A y B obtuvieron los mayores porcentajes de pudrición a las distintas temperaturas. Aunque en la finca D se obtuvo el porcentaje más alto de pudrición a los 12°C, a las temperaturas bajas a las cuales se sometieron los frutos de la finca D no se obtuvo mayor daño por pudrición comparado con las fincas A y B. Los frutos de las fincas E y F fueron los más resistentes ya que a los 8, 10 y 11°C no se presentó pudrición.

Los mangos almacenados por 23 días a diferentes temperaturas sin tratamiento térmico sufrieron mayores índices de pudrición. Los frutos que estuvieron a 20°C se pudrieron en su totalidad. Entre las restantes cuatro temperaturas, a los 8°C no se presentó mayor grado de pudrición (Fig. 29). A los 10°C el promedio del porcentaje de pudrición de las seis fincas fue aumentando y solamente la finca A obtuvo hasta un 77% de pudrición, mientras las demás fincas manifestaron no más de un 44% de pudrición. A los 11°C la pudrición osciló alrededor de un 44%, exceptuando la finca F donde no hubo daño a esta temperatura. Los frutos que se almacenaron a 12°C presentaron los mayores daños por pudrición, en la finca C se observó un 88% de pudrición y en la finca B se presentó pudrición completa a esta temperatura. En las fincas E y F se observaron los menos problemas por pudrición.

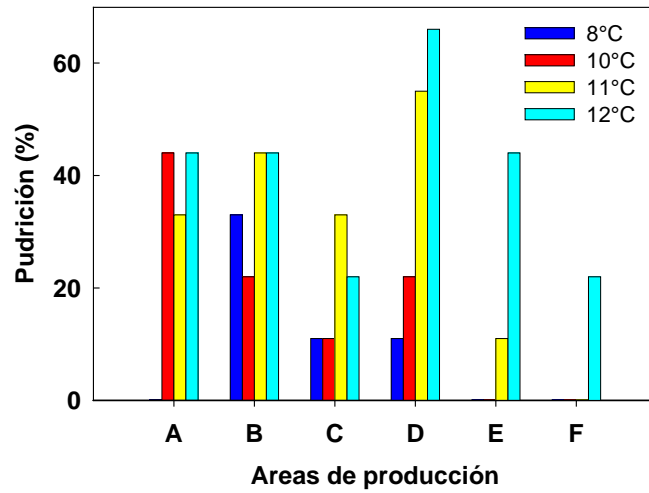


Figura 28. Porcentaje de pudrición de mangos con tratamiento térmico que estuvieron almacenados por 11 días a 10, 11, 12 y 20°C. Los frutos fueron cosechados en seis fincas representativas de la Costa Sur de Guatemala.

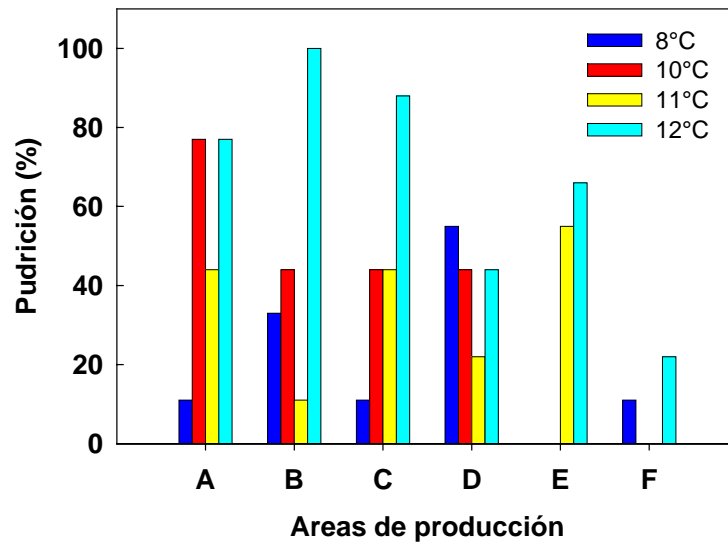


Figura 29. Porcentaje de pudrición de mangos sin tratamiento térmico que estuvieron almacenados por 11 días a 10, 11, 12 y 20°C. Los frutos fueron cosechados en seis fincas representativas de la Costa Sur de Guatemala.

4. Porcentajes de pudrición de mangos a los 29 (24 + 5) días de almacenamiento, efecto de temperatura y finca. Los frutos almacenados por 29 días a temperatura ambiente se pudrieron en su totalidad. Los frutos tratados con agua caliente no presentaron problemas estando almacenados a 8°C, solamente en la finca F se pudrió un fruto (Fig. 30). A los 10°C se obtuvo poca pudrición ya que cinco fincas mantuvieron un promedio de 11% de pudrición y sólo la finca B tuvo un nivel de pudrición de 66%. El almacenamiento de los frutos en las temperaturas refrigeradas más altas, 11 y 12°C, presentaron daños más severos, la finca A y B tuvieron niveles de pudrición de más del 50%. En las fincas E y F se presentaron los niveles de pudrición de frutos más bajos y poco representativos.

Los frutos sin tratamiento térmico tuvieron un alto porcentaje de pudrición a los 29 días de almacenamiento (Figura 31). La mayor pudrición se presentó en las fincas A, B y C. En general, los mangos de las distintas fincas se conservaron mejor a los 8°C, con excepción de la finca A, que a las cinco distintas temperaturas más de la mitad de los frutos se pudrieron.

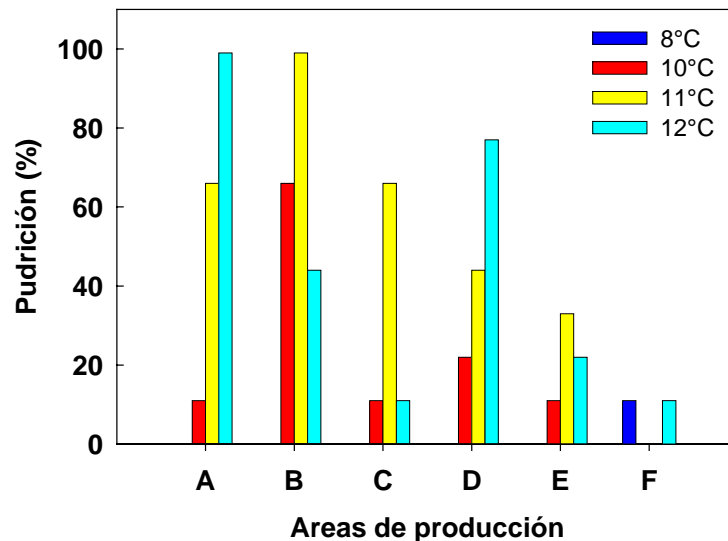


Figura 30. Porcentaje de pudrición de mangos con tratamiento térmico que estuvieron almacenados por 11 días a 10, 11, 12 y 20°C. Los frutos fueron cosechados en seis fincas representativas de la Costa Sur de Guatemala.

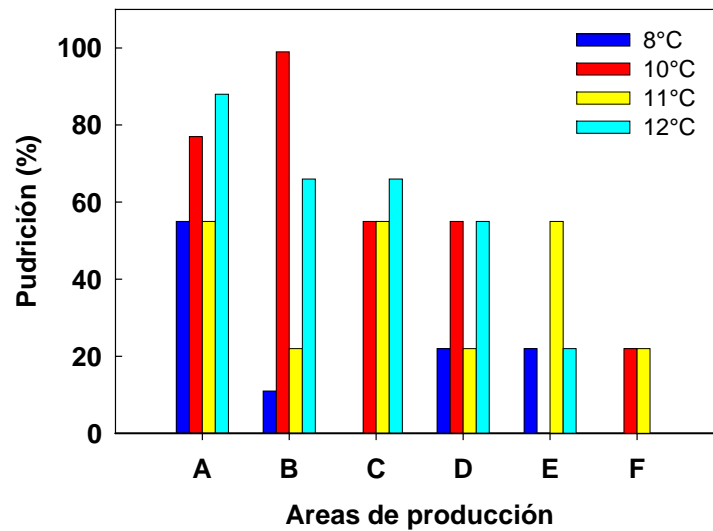


Figura 31. Porcentaje de pudrición de mangos sin tratamiento térmico que estuvieron almacenados por 11 días a 10, 11, 12 y 20°C. Los frutos fueron cosechados en seis fincas representativas de la Costa Sur de Guatemala.

## C. Análisis de las bacterias en el laboratorio

1. Frutos recibidos para análisis fitopatológicos. A lo largo del experimento de almacenamiento se analizaron 22 mangos en el laboratorio de fitopatología. De los frutos recibidos se anotaron los síntomas y se procedió a decidir si era apto para análisis de bacterias (Tabla 2).

El síntoma general que presentaron los frutos fue una pudrición acuosa o suave. Los tejidos podridos de la cáscara tomaban un color café claro y en el interior de la fruta, la pulpa perdía firmeza considerablemente. De los frutos recibidos sólo uno no fue analizado por presentar una pudrición avanzada en todo el fruto (Tabla 2).

2. Análisis de Bacterias. En total se aislaron 33 bacterias de los frutos analizados, perteneciendo todas al grupo gram (-) y con forma de bacilo. Estas bacterias se diferenciaron morfológicamente por el color crema o amarillo obtenido del crecimiento en agar nutritivo. Del total de las bacterias aisladas, solamente ocho de ellas fueron descartadas por no tener flagelos (Tabla 3). El resto de las bacterias presentaron flagelación peritrica, por lo que se asumió desde este punto que iba a tratarse de bacterias del género *Erwinia* o *Pantoea*.

**Tabla 2. Frutos recibidos y síntomas que presentaron**

Mango Recibido	Código de mango	Síntomas en los frutos	Siembra
1	16 23	Pudrición acuosa avanzada	No se sembró
2	13 M 2-1	Pudrición acuosa	En NA para bacterias
3	7 M 22	Pudrición acuosa	En NA para bacterias
4	15 I 22	Pudrición avanzada	En NA para bacterias
5	6 M 2-5	Pudrición acuosa	En NA para bacterias
6	2 I 24	Fruto con golpe lateral donde se presenta la pudrición. Cáscara reventada.	En NA para bacterias
7	14 C 2-1	Pudrición temprana, cáscara aún sana.	En NA para bacterias
8	14 B 22	Pudrición avanzada	En NA para bacterias
9	4 B 22	Pudrición acuosa del pedúnculo hacia abajo	En NA para bacterias
10	16 E 13	Pudrición temprana.	En NA para bacterias
11	1 M 15	Pudrición en pedúnculo, el resto sano	En NA para bacterias
12	14 I 24	Pudrición acuosa	En NA para bacterias
13	3 E 11	Pudrición en el pedúnculo.	En NA para bacterias
14	3 M 15	Pudrición de pulpa y cáscara necrosada.	En NA para bacterias
15	14 E 11	Tejido necrosado.	En NA para bacterias
16	8 C 2-2	Pudrición temprana	En NA para bacterias
17	6 M 22	Fruto verde, podrido en pedúnculo	En NA para bacterias
18	9 I 22	Pudrición temprana	En NA para bacterias
19	2 I 21	Pudrición acuosa avanzada, cáscara reventada.	En NA para bacterias
20	SIN CÓDIGO	Pudrición en lesiones por golpe, no en pedúnculo.	En NA para bacterias
21	14 C 2-2	Fruto verde, podrido en pedúnculo	En NA para bacterias
22	11 C 2-2	Fruto verde, podrido en pedúnculo	En NA para bacterias

3. Clasificación tentativa de bacterias. Las reacciones de las bacterias flageladas en los medios diferenciales coincidieron con asumir que ellas pertenecían al género *Erwinia* o *Pantoea*, todas produjeron una reacción positiva en el medio HL, el cual es selectivo para éstos géneros que presentan crecimiento tanto aeróbico como anaeróbico. La reacción negativa que se obtuvo con la prueba de oxidasa, en combinación con las demás pruebas, también confirmó que las bacterias pertenecían al género *Erwinia* o *Pantoea*, ya que estos géneros tienen una reacción negativa con esta prueba. Exceptuando el color obtenido en YDC, donde algunas bacterias fueron amarillas y otras cremas, todas las bacterias tuvieron la misma reacción (Tabla 4). Con respecto a la formación de color del pigmento en YDC, la reacción que se obtuvo permitió clasificar tentativamente los géneros *Erwinia* de *Pantoea*, las bacterias del género *Erwinia* forman pigmento crema en el medio de cultivo, mientras que *Pantoea* forma pigmento amarillo en su mayoría. Catorce de las 25 bacterias flageladas, se clasificaron como género *Pantoea*, las demás fueron tentativamente colocadas entre los géneros *Erwinia* o *Pantoea*.

**Tabla 3. Pruebas físicas realizadas con las bacterias aisladas de frutos.**

Código de muestra	Código de bacteria	Crecimiento en AN (color)	Gram	Forma de bacteria	Tamaño de Bacteria	Flagelos	Seguimiento de análisis
15 I 22	1	Crema	-	Bacilo recto	0.4 x 0.9	sin flagelos	Descarta
15 I 22	2	Crema	-	Bacilo recto	0.5 x 1.0	sin flagelos	Descarta
6M2-5	3	Amarillo	-	Bacilo recto	0.5 x 1.0	peritricos	Se continúa
6M2-5	4	Blanco	-	no bacilo	extraños	sin flagelos	Descarta
2 I 24	5	Amarillenta <sup>a</sup>	-	bacilo recto	0.5 x 1.2	peritricos	Se continúa
14C2-1	6	Amarillenta	-	bacilo recto	0.4 x 0.9	peritricos	Se continúa
14C2-1	7	Crema	-	bacilo recto	0.5 x 0.85	sin flagelos	Descarta
14B22	8	Amarillo	-	bacilo recto	0.5 x 1.0	peritricos	Se continúa
14B22	9	Crema	-	bacilo recto	0.5 x 1.0-1.2	2-3 peritricos	Se continúa
14B22	10	Blanco	-	no bacilo	1.5 x 1.5-2.0	sin flagelos	Descarta
4B22	11	Amarillenta	-	bacilo recto	0.5 x 0.85	peritricos	Se continúa
4B22	12	Crema	-	bacilo recto	0.4 x 0.8	peritricos	Se continúa
4B22	13	Crema	-	bacilo recto	0.5 x 0.9	sin flagelos	Descarta
16 E 13	14	Amarillo	-	bacilo recto	0.4 x 1.0	peritricos	Se continúa
16 E 13	15	Crema	-	bacilo recto	0.5 x 1.2	peritricos	Se continúa
IM 15	16	Amarillo	-	bacilo recto	0.5 x 1.0	peritricos	Se continúa
IM 15	17	Crema	-	bacilo recto	0.5 x 0.9	sin flagelos	Descarta
14 I 24	18	Amarillo	-	bacilo recto	0.5 x 1.0	peritricos	Se continúa
14 I 24	19	Crema	-	bacilo recto	0.8 x 2.0	sin flagelos	Descarta
14 I 24	20	Crema	-	bacilo recto	0.5 x 1.0	peritricos	Se continúa
3 E 11	21	Amarillo	-	bacilo recto	0.5 x 1.0	peritricos	Se continúa
3 E 11	22	Crema	-	bacilo recto	0.5 x 0.9	2-3 peritricos	Se continúa
3M15	23	Amarillo	-	bacilo recto	0.5 x 1.0	peritricos	Se continúa
3M15	24	Crema	-	bacilo recto	0.5 x 0.9	peritricos	Se continúa
14 E 11	25	Amarillo	-	bacilo recto	0.5 x 1.2	peritricos	Se continúa
14 E 11	26	Crema	-	bacilo recto	0.4 x 0.8	peritricos	Se continúa
8C2-2	27	Amarillo	-	bacilo recto	0.5 x 1.2	peritricos	Se continúa
8C2-2	28	Crema	-	bacilo recto	0.6 x 1.5	peritricos	Se continúa
6M22	29	Amarillo	-	bacilo recto	0.5 x 1.0	peritricos	Se continúa
2 I 21	30	Crema	-	bacilo recto	0.4 x 0.8	2-3 peritricos	Se continúa
2 I 21	31	Amarillenta	-	bacilo recto	0.5 x 0.80	2 peritricos	Se continúa
Sin código	32	Amarillo	-	bacilo recto	0.5 x 1.0	peritricos	Se continúa
14C2-2	33	Amarillo	-	Bacilo recto	0.5 x 1.0	peritricos	Se continúa

<sup>a</sup> El color amarillento se utilizó para describir un color amarillo pálido o amarillo cremoso

4. Identificación a nivel de género de las bacterias. De las 25 bacterias que fueron tentativamente identificadas (Tabla 4), se encontró que hubo tres reacciones principales o distintas. Diez de las bacterias pertenecen a un grupo que formó pigmento amarillo en YDC, cuatro de ellas pertenecen al grupo que formó pigmentación amarillenta (la cual se diferenció de las amarillas por ser un amarillo más pálido), y las restantes 11 bacterias formaron pigmentación crema en YDC. Se escogió una representante de cada grupo para realizar las pruebas de reducción de nitratos, producción de indol, producción de ureasa

y la prueba de hipersensibilidad en tabaco para confirmar la identificación inicial (Tabla 5). Las tres bacterias sí redujeron nitratos y no produjeron indol ni ureasa.

Estas reacciones, junto con la formación de pigmento amarillo (de dos de las bacterias), ayudó a confirmar la identificación inicial que las bacterias pertenecen al género *Pantoea*, y debido a la reacción negativa que se obtuvo en las hojas de tabaco (no maceró o formó clorosis a las 24-72 horas) se puede colocar tentativamente a éstas dentro de la especie *P.agglomerans*.

**Tabla 4 Pruebas realizadas para colocación tentativa de bacteria en género**

Código de muestra	Código de bacteria	Crecimiento en NA (color)	Gram	Oxidasa	YDC (Color)	KB	HL	Identificación
6M2-5	3	Amarillo	-	-	Amarillo	-	+	Pantoea
2 I 24	5	Amarillenta	-	-	Crema	-	+	Erwinia o Pantoea
14C2-1	6	Amarillenta	-	-	Crema	-	+	Erwinia o Pantoea
14B22	8	Amarillo	-	-	Amarillo	-	+	Pantoea
14B22	9	Crema	-	-	Crema	-	+	Erwinia o Pantoea
<b>4B22</b>	<b>11</b>	<b>Amarillenta</b>	-	-	<b>amarillenta</b>	-	+	<b>Pantoea</b>
4B22	12	Crema	-	-	Crema	-	+	Erwinia o Pantoea
16 E 13	14	Amarillo	-	-	Amarillo	-	+	Pantoea
16 E 13	15	Crema	-	-	Crema	-	+	Erwinia o Pantoea
IM 15	16	Amarillo	-	-	Amarillo	-	+	Pantoea
14 I 24	18	Amarillo	-	-	amarillenta	-	+	Erwinia o Pantoea
14 I 24	20	Crema	-	-	Crema	-	+	Erwinia o Pantoea
3 E 11	21	Amarillo	-	-	Amarillo	-	+	Pantoea
3 E 11	22	Crema	-	-	Crema	-	+	Erwinia o Pantoea
3M15	23	Amarillo	-	-	Amarillo	-	+	Pantoea
3M15	24	Crema	-	-	Crema	-	+	Erwinia o Pantoea
14 E 11	25	Amarillo	-	-	Amarillo	-	+	Pantoea
<b>14 E 11</b>	<b>26</b>	<b>Crema</b>	-	-	<b>Crema</b>	-	+	<b>Erwinia o Pantoea</b>
<b>8C2-2</b>	<b>27</b>	<b>Amarillo</b>	-	-	<b>Amarillo</b>	-	+	<b>Pantoea</b>
8C2-2	28	Crema	-	-	Crema	-	+	Erwinia o Pantoea
6M22	29	Amarillo	-	-	amarillenta	-	+	Erwinia o Pantoea
2 I 21	30	Crema	-	-	Crema	-	+	Erwinia o Pantoea
2 I 21	31	Amarillenta	-	-	amarillenta	-	+	Erwinia o Pantoea
Sin código	32	Amarillo	-	-	Amarillo	-	+	Pantoea
14C2-2	33	Amarillo	-	-	Amarillo	-	+	Pantoea

<sup>a</sup> El color amarillento se utilizó para describir un color amarillo pálido o amarillo cremoso

La bacteria crema, que tentativamente se identificó como posible *Erwinia*, se descartó de esta posibilidad ya que la bacteria no produjo indol ni ureasa, aunque las erwinias en su mayoría también tienen estas reacciones, se objetó debido a que sí redujo nitratos pero la reacción en hojas de tabaco fue negativa. Se desecha esta bacteria como *Erwinia* ya que si perteneciera al grupo no macerante de las erwinias, en primer lugar no maceraría la pulpa de los frutos de mango como se observó en los síntomas y segundo no

reduciría nitratos. También se desecha de clasificarla como una *Erwinia* del grupo carotovora o macerante ya que este grupo sí reduce nitratos pero también forma una reacción positiva en hojas de tabaco, la cual no se produjo con esta bacteria. Por estas razones se coloca a la bacteria crema dentro del género *Pantoea* y tentativamente se puede decir que se clasifica como una *P.agglomerans*, dentro del linaje herbicola, que son no fitopatógenas.

**Tabla 5. Resumen de pruebas físicas y bioquímicas mediante Api20NE y Prueba de Tabaco para identificar género**

Bacteria en YDC	Gram	Flagelos	Ox	Reducción de nitratos	Prueba de Indole	Glucosa anaeróbica	Ureasa	HR Tabaco	Género
Amarilla	-	Peritricos	-	+	-	+	-	-	Pantoea
Crema	-	Peritricos	-	+	-	+	-	-	Pantoea (no patógena)
amarillenta	-	Peritricos	-	+	-	+	-	-	Pantoea

5. Bacterias encontradas por finca. Los mangos recibidos fueron analizados por finca según la codificación correspondiente. De los 4 frutos recibidos de la finca A y B, se encontraron bacterias del genero *Pantoea* y bacterias no patógenas (Tabla 6 y Tabla 7, respectivamente).

**Tabla 6. Resumen de bacterias aisladas de Finca A**

Código de Muestra	Código de Bacteria	Crecimiento en NA (color)	Género
6M2-5	3	Amarillo <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
6M2-5	4	Blanca (sin flagelos)	No patógena
I M 15	16	Amarillo <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
I M 15	17	Crema (sin flagelos)	No patógena
3M15	23	Amarillo <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
3M15	24	Crema <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
6M22	29	Amarillo <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>

<sup>1</sup> Bacteria con flagelos peritricos

**Tabla 7. Resumen de bacterias aisladas de Finca B**

Código de Muestra	Código de Bacteria	Crecimiento en NA (color)	Género
15 I 22	1, 2	Crema (sin flagelos)	No patógena
2 I 24	5	Amarillenta <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
14 I 24	18	Amarillenta <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
14 I 24	20	Crema <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
14 I 24	19	Crema (sin flagelos)	No patógena
2 I 21	30	Crema <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
2 I 21	31	Amarillenta <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>

<sup>1</sup> Bacteria con flagelos peritricos

De las finca C, D y E, se recibieron frutos donde se aislaron bacterias que fueron clasificadas como no fitopatogenas y se encontraron también bacterias que pertenecían al genero *Pantoea* (Tabla 8, 9 y 10, respectivamente). De la Finca F, no se recibieron frutos para ser analizados.

**Tabla 8. Resumen de bacterias aisladas de Finca C.**

<b>Código de Muestra</b>	<b>Código de Bacteria</b>	<b>Crecimiento En NA (color)</b>	<b>Género</b>
14C2-1	6	Amarillenta <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
14C2-1	7	Crema (sin flagelos)	No patógena
8C2-2	27	Amarillo <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
8C2-2	28	Crema <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
14C2-2	33	Amarillo <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>

<sup>1</sup> Bacteria con flagelos peritricos

**Tabla 9. Resumen de bacterias aisladas de Finca D.**

<b>Código de Muestra</b>	<b>Código de Bacteria</b>	<b>Crecimiento En NA (color)</b>	<b>Género</b>
16 E 13	14	Amarillo <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
16 E 13	15	Crema <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
3 E 11	21	Amarillo <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
3 E 11	22	Crema <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
14 E 11	25	Amarillo <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
14 E 11	26	Crema <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>

<sup>1</sup> Bacteria con flagelos peritricos

**Tabla 10. Resumen de bacterias aisladas de Finca E.**

<b>Código de Muestra</b>	<b>Código de Bacteria</b>	<b>Crecimiento en NA (color)</b>	<b>Género</b>
14B22	8	Amarillo <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
14B22	9	Crema <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
14B22	10	Blanca (sin flagelos)	No patógena
4B22	11	Amarillenta <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
4B22	12	Crema <sup>1</sup>	<i>Pantoea</i>
4B22	13	Blanca (sin flagelos)	No patógena

<sup>1</sup> Bacteria con flagelos peritricos

## V. DISCUSIÓN

La pérdida de peso de las frutas fue afectada principalmente por el número de días de almacenamiento y el tratamiento térmico. Con cada período de almacenamiento se observó un aumento en la pérdida de peso. Las menores pérdidas de peso fueron aumentando de 3.36% a los 11 días, 6.08% a los 17 días, 6.75% a los 23 días y finalmente un 8.29% a los 29 días de almacenamiento. Según los resultados obtenidos, se obtuvo menos pérdida de peso cuando los frutos estuvieron almacenados a 8°C con previo tratamiento térmico. Bajos porcentajes en la pérdida de peso pueden retrasar el ritmo de maduración y envejecimiento, así como minimizar marchitamiento y mantener valores nutricionales, como contenido de vitamina C (Joyce, *et al*, 1997b: 47).

Los primeros 11 días representaron un período corto de almacenamiento de frutos, debido a esto se obtuvo un promedio bajo de 3.4% de pérdida de peso. Desde este período se mostró que el almacenamiento refrigerado influye en el ritmo de maduración de los frutos, ya que los frutos que fueron almacenados a temperatura ambiente presentaron niveles de pérdida de peso más altos, probablemente debido a la mayor utilización de carbohidratos por el mayor metabolismo.

En general, el tratamiento de los frutos con agua caliente no marcó diferencias significativas en pérdida de peso con respecto a los frutos sin tratamiento térmico. No obstante, pareciera ser que el tratamiento térmico causó que los procesos de maduración resultaran siendo más lentos y uniformes cuando los frutos fueron almacenados a 8° C luego del tratamiento térmico.

Durante el primer período de almacenamiento no se obtuvo diferencias estadísticamente significativas en la coloración superficial de los frutos, manteniéndose en un promedio de 3.8 unidades a los 11 días. Aunque a los 17 días de almacenamiento si hubo diferencias estadísticas, la coloración de la superficie de los frutos para estos primeros dos períodos se mantuvo entre un 40 y 60% de pigmentación, por lo tanto ésta coloración se puede obtener hasta 12 días más 5 días de almacenamiento a temperatura ambiente. Sin embargo, los frutos almacenados por 23 ó 29 días aumentaron su coloración superficial reflejando una mayor diferencia en coloración superficial comparado con la coloración a los primeros períodos de almacenamiento, esta diferencia se debe más que todo a que el período de almacenamiento fue más largo.

Con 23 días de almacenamiento el promedio de las medias aumentó obteniéndose frutos con un 60 a 80% de pigmentación chapeteada. Los frutos con la mayor formación de pigmentación fueron aquellos almacenados a 12°C con previo tratamiento térmico, aunque éste no fue distinto a los que estuvieron almacenados a 12°C sin tratamiento térmico. Por lo que se puede concluir que el período de almacenamiento provoca que se acumule una mayor cantidad de pigmentación en la cáscara, estando favorecido por el almacenamiento a las más altas temperaturas refrigeradas.

Por el contrario, a los 23 días los frutos que permanecieron almacenados a 8°C con tratamiento térmico tuvieron una formación de pigmentación significativamente menor y más baja que a los 17 días de almacenamiento. Esto puede deberse a que los mangos almacenados por 17 días estuvieron solamente 12 días a temperaturas refrigeradas y en los siguientes 5 días de almacenamiento a temperatura ambiente se

tuvo un proceso de maduración más rápida, mientras que estando a 8°C por más tiempo se disminuye la actividad de maduración. Esto justifica el hecho que a mayor temperatura de almacenamiento más transpiración y por lo tanto más rápido maduran los frutos.

Al completar un período de 29 días los frutos almacenados con previo tratamiento térmico a 12°C formaron un 100% de pigmentación, lo cual significa que 24 días (3 semanas) es la jornada crítica para un embarque.

Aunque a los 29 días de almacenamiento los frutos con tratamiento térmico fueron los que mayor formación de color obtuvieron, si se comparan los promedios de coloración superficial entre los frutos sin tratamiento térmico y con tratamiento térmico de los demás periodos de almacenamiento, se observa una tendencia en que los frutos sin tratamiento térmico tengan mayores valores de pigmentación chapeteado. Esto significa que de algún modo el tratamiento térmico disminuye los procesos de acumulación de pigmentos en los tejidos de la cáscara de las frutas tratadas con agua caliente, si éstos se almacenan a temperaturas bajas. Similares tendencias se observaron en el comportamiento de la pérdida de peso.

La firmeza de la pulpa en los mangos presentó diferencias significativas en cada período de almacenamiento. Este factor se vio influenciado por las variables independientes como el tratamiento térmico y temperatura de almacenamiento. Los resultados mostraron que en cada período de almacenamiento existe una tendencia a que los frutos con tratamiento térmico estando a 8°C mantengan una mejor firmeza, lo cual puede tener beneficios en vida de anaquel para los mercados de exportación.

Para un período corto de 11 días de almacenamiento, el tratamiento térmico influyó en mantener una mejor firmeza pero esto no es un requisito indispensable, a menos que los frutos no vayan a ser refrigerados posteriormente. Esta teoría se apoya con el hecho que los frutos estando almacenados a las dos temperaturas más bajas, con o sin tratamiento térmico, mantuvieron mayores firmezas. Aunque tampoco se puede descartar que los frutos con previo tratamiento térmico resultaron más firmes que el resto, es decir la diferencia es mayor pero no estadísticamente diferente a los frutos sin tratamiento térmico almacenados a 20°C durante este período.

Conforme aumentan los días de almacenamiento se van observando mayores cambios en la firmeza de la pulpa dentro del período de almacenamiento. Es decir, a los 11, 17 y 23 días de almacenamiento la firmeza se mantuvo más estable a través de las distintas temperaturas de almacenamiento, pero al llegar a los 29 días de almacenamiento hubo más diferencias significativas entre las distintas temperaturas de almacenamiento. Los frutos almacenados a 8°C mantuvieron más estable la firmeza de los 11 días hasta los 29 días de almacenamiento. Esto puede deberse a que durante el ciclo de maduración post-cosecha, los frutos almacenados por 29 días permanecieron por 24 días bajo una misma temperatura, mientras que a los 17 días este ciclo se interrumpió provocando un estrés en la pulpa. O bien, el prolongado período de almacenamiento repercutió en la pérdida de agua por parte de la fruta, haciendo que su pulpa pareciera más firme por su menor jugosidad. Aunque cabe notar que las menores medias de firmeza obtenidas a lo largo de los cuatro períodos de almacenamiento fueron disminuyendo paulatinamente. Los promedios de la firmeza de los frutos con tratamiento térmico en cada período de

almacenamiento fueron mayores que los promedios de los frutos sin tratamiento térmico. Por lo tanto, se puede decir que si se debe almacenar frutos por 17, 23 ó 29 días es recomendable que estos hayan sido tratados térmicamente.

A bajas temperaturas se previene el metabolismo normal del tejido del mango, pero las reacciones bioquímicas asociadas con la respiración continúan, tomando un camino alternativo, lo cual puede provocar un desorden en los tejidos (Farooqui, *et al*, 1985: 220-221). Debido a esto, diferentes síntomas provocados por almacenamiento a bajas temperaturas que pueden observarse mediante una descolocación de los frutos, hundimientos de pulpa, una madurez irregular o desigual, pobre color y sabor, o un incremento en la pudrición del fruto se pueden desarrollar y notarse hasta que el fruto regrese a temperaturas más altas (20°C) de almacenamiento (Mitra, 1997: 103-104). Estas descripciones explican las variaciones que obtuvimos durante los diferentes períodos de almacenamiento, como la poca uniformidad en la firmeza de la pulpa durante los diferentes periodos de almacenamiento, ya que no disminuyó paulatinamente.

En la etapa poscosecha la acidez que se puede obtener en los frutos depende más que todo del tratamiento térmico y la temperatura de almacenamiento. Las menores lecturas de pH se obtuvieron (a lo largo de los cuatro períodos de almacenamiento) cuando los mangos estuvieron sometidos a 8°C con previo tratamiento térmico siendo estadísticamente más bajos que el resto. El pH fue aumentando en cada período pero nunca sobrepasó un pH de 3.6; esta reducción en acidez al cabo del período de almacenamiento podría explicarse ya que existe una mayor utilización de ácidos orgánicos como sustratos para la respiración y metabolismo de las frutas durante su maduración.

Los grados Brix son un buen indicador del grado de dulzura que ha alcanzado un fruto. En el primer período de almacenamiento la mayor dulzura se obtuvo cuando los frutos no fueron tratados térmicamente y almacenados a las dos temperaturas refrigeradas más altas, siendo estadísticamente más dulce que los frutos que no fueron tratados térmicamente y almacenados a 11°C. Por lo tanto la formación de sólidos solubles es mayor sin tratamiento térmico, indicando probablemente un ritmo más acelerado de maduración de las frutas. Debido a que las diferencias estadísticas se obtuvieron solamente durante el primer período, y según los resultados los siguientes períodos de almacenamiento reaccionaron con el mismo patrón, se puede suponer que el tratamiento térmico de los frutos sí influencia la concentración de grados Brix en la pulpa, probablemente por un menor ritmo de actividad de enzimas pectinolíticas y en general un menor ritmo de maduración.

Como se mencionó anteriormente, el tratamiento térmico disminuye el proceso de maduración de los mangos, por lo tanto es lógico pensar que sin tratamiento térmico iba a haber mayor formación de sólidos solubles ya que el fruto mantiene un proceso de maduración normal (sin interrupción por estrés).

La relación de grados Brix y pH, un indicador de la percepción sensorial de la fruta, no varió mucho durante los cuatro períodos de almacenamiento, se mantuvo entre un rango máximo de 3.54 a 3.73 grados Brix/pH, indicando que los mangos mantuvieron una relación de azúcares a ácidos solubles de casi 4 a 1. En general y al igual que los resultados en grados Brix, los frutos sin tratamiento térmico

mantuvieron una relación brix/pH más alta. Por lo tanto estos resultados dependen también del grado de madurez de los frutos.

La exportación de mangos puede llevarse a cabo por embarques de dos a tres semanas y una de las maneras de mantener la calidad de los frutos es el uso de almacenamiento a bajas temperaturas en una atmósfera controlada (Mitra, 1997: 87). Los análisis llevados a cabo mostraron que para el periodo de 17 días de almacenamiento las mediciones de calidad no fueron severamente diferentes a los demás periodos de almacenamiento, ya que la firmeza de la pulpa se mantuvo estable, estando almacenadas a 10°C con tratamiento térmico. También se observó que un posible embarque de 24 días puede llevarse a cabo, siempre y cuando los frutos permanezcan almacenados a 8 ó 10°C con tratamiento térmico, para evitar pérdidas por calidad de frutos. En un estudio llevado a cabo por Bender, *et al*, (1997), una atmósfera controlada con bajos niveles de CO<sub>2</sub> (10 a 25%) en combinación con 5% de O<sub>2</sub>, fue efectiva para reducir producción de etileno durante las primeras tres semanas de almacenamiento a 12°C de mangos ‘Tommy Atkins’. Esto indica que el uso del tratamiento térmico, en combinación con bajas temperaturas y el posible uso de una atmósfera controlada, pueden reducir los niveles de pérdida de frutos por baja calidad del ritmo de madurez.

Los porcentajes de pudrición que se tomaron en cuenta al finalizar cada período presentan una idea de los porcentajes de mangos que se pueden perder con los diferentes tratamientos y el origen de las fincas problema. El tratamiento térmico previo al almacenamiento de frutos es necesario para mantener los niveles de pudrición más bajos y cuanto más baja la temperatura de almacenamiento mejor se conservan los frutos.

Según los porcentajes obtenidos para un periodo de 11-17 días, se mantuvo un bajo porcentaje de pudrición cuando los frutos se almacenaron a 10°C con tratamiento térmico, aunque es mejor si se almacenan a 8°C. Estando a la temperatura mas baja, a los 11 días de almacenamiento no hubo pérdidas por pudrición de frutos, indiferentemente del uso del tratamiento térmico, solamente un 11% de los mangos provenientes de la finca A se pudrió al no ser tratados con agua caliente. A los 17 días se obtuvieron similares resultados cuando los frutos fueron almacenados a 8 y 10°C con previo tratamiento térmico, ya que sólo un 11% de los mangos de la finca A y F se perdieron por pudrición.

Los porcentajes de pudrición mostraron que los frutos que sí recibieron tratamiento térmico tienen un período de vida más largo e incluso son aptos para ser transportados en embarques de 18 a 24 días siempre que se mantengan a 8 ó 10°C. Del total de 23 días de almacenamiento (18+5), solamente se pudrieron un 11% de mangos en dos fincas (C y D) y un 33% de frutos provenientes de la finca B; lo cual es un porcentaje menor comparado con los frutos que no recibieron tratamiento térmico. Los frutos con tratamiento térmico almacenados por 29 días, 24 días a 8°C y 5 días a temperatura ambiente, sufrieron bajos porcentajes de pudrición ya que solo un 11% de los frutos de la finca F se pudrió.

Esta comprobado que los mangos por ser frutos tropicales de origen, son sensibles al almacenamiento a temperaturas bajas, y que en prolongados períodos de almacenamiento es difícil lograr que ni las más bajas temperaturas de almacenamiento puedan retrasar el ritmo de maduración y éstos también pueden dañar los

frutos (Mitra, 1997). A pesar de estas pruebas, investigaciones en otros cultivares de mango como 'Dasher' y 'Langra', han demostrado que estos frutos pueden almacenarse a 7-8°C por 25 días sin que resulten daños a los mangos (Mann y Singh, 1976). Estos resultados coinciden con los bajos porcentajes de pudrición que obtuvimos cuando los frutos almacenados a la más baja temperatura (8°C). De la misma manera, esto puede asociarse con otras cualidades como la mayor firmeza y menor pérdida de peso al haber almacenado los frutos a 8°C

La Finca A seguida de la Finca B presentaron los mayores problemas de pudrición. Desde los 11 días de almacenamiento estas fincas presentaron como mínimo un 10% de pudrición en todas las temperaturas de almacenamiento, mientras que en las demás fincas no se dio incidencia de pudrición a este período de almacenamiento. Las fincas A y B también presentaron los mayores niveles de pudrición durante los otros períodos de almacenamiento. Aunque los niveles de pudrición fueron más bajos cuando estos frutos si habían sido tratados con agua caliente y almacenados a 8°C. Por el contrario, las fincas que menos problemas presentaron, aun siendo almacenados por 29 días, fueron las fincas E y F. Quizá el manejo de los frutos de estas fincas se lleve a cabo mediante un proceso más cuidadoso, y esto se refleja en la etapa poscosecha provocando que los mangos tengan menor estrés, lo cual se refleja en desórdenes o síntomas que pueden surgir. También debe mencionarse que las fincas E y F se encuentran en una área donde hay menor precipitación pluvial, comparado con las fincas A y B que se encuentran en un área con mayor precipitación pluvial. Los frutos que se encuentran en áreas con mayor precipitación pueden absorber más agua y esto afecta la calidad del fruto provocando mayor influencia de estrés debido a las posibles menores concentraciones de azúcares y ácidos orgánicos que que el fruto necesita para seguir madurando y para mantener defensa contra organismos patógenos.

Para obtener un mejor control de enfermedades o desordenes de frutos, los mejores resultados se han obtenido cuando las medidas de control en el campo se complementan con tratamientos en poscosecha; de cualquier manera, estos tratamientos son necesarios para el control de enfermedades que pueden surgir debido a golpes infecciosos que surgen inevitablemente durante la cosecha y manejo de frutos (Beattie, *et al*, 1995: 1-2). Las fincas problemáticas, A, B, y C, deben controlar medidas en el campo y el buen manejo de los frutos durante la cosecha para evitar infecciones en los frutos que provengan de las fincas menos susceptibles, ya que Genexsa procesa todos los frutos sin diferenciar el área de donde provienen. Con el uso de los resultados de porcentajes de pudrición por finca, la empresa Genexsa puede restringir la entrada de mangos que provengan de las fincas más susceptibles, o separar los productos por finca. Entre los cuidados en poscosecha se incluye una buena higiene en la planta de empaque, evitar daños mecánicos o por golpes y un correcto manejo de temperaturas y tiempos del tratamiento térmico (Beattie, *et al*, 1995 *ibid.*), ya que un exceso de tiempo del tratamiento térmico puede provocar mayor estrés de los frutos. Genexsa también debe mantener condiciones asépticas con cambios de agua en el tratamiento hidrotérmico, para evitar propagación de infecciones, y un manejo de la temperatura del tratamiento hidrotérmico para evitar desordenes en los frutos que provoquen inestabilidad física.

El rechazo de los mangos en mercados internacionales se debe a los síntomas observados en los frutos, una maceración del tejido. Los mangos recibidos para el análisis presentaron en general una pudrición blanda o acuosa, donde la pulpa ya no presentaba firmeza y en las partes completamente podridas empezaba a despedirse un olor desagradable debido a la acción de las bacterias. Se asumió que esta maceración fue causada por bacterias, debido a los síntomas observados en los frutos, los cuales no se comparaban con las descripciones y observaciones fotográficas de las demás enfermedades más comunes en mangos.

Según la documentación que se utilizó como guía (reportes sobre enfermedades para el análisis de microorganismos en mangos en Guatemala) las bacterias del género *Xanthomonas*, en la etapa de pre cosecha, y *Erwinia*, en la etapa de pre cosecha y pos cosecha, son las que pueden afectar al fruto (*vid.* Apéndice C; Apéndice D). Los resultados obtenidos mediante el análisis e identificación de bacterias coinciden con los resultados de Figueroa (*vid.* Apéndice C), quien concluyó que los síntomas de pudrición de los frutos son causados por la bacteria *Erwinia* (o *Pantoea*, actualmente). El análisis de las bacterias en este proyecto se realizó utilizando metodologías recientes con la reclasificación de bacterias y según los resultados, se encontró que bacterias que pertenecen al género *Pantoea*. Es necesario aclarar que algunas cepas que pertenecen a la especie *P.agglomerans* (antes clasificadas como *E.herbicola*) son de color crema, por ello deben hacerse otras pruebas más específicas para asegurar que las bacterias cremas que resultaron de los frutos pertenezcan o no a este género.

En general, el género *Pantoea* y *Erwinia* pertenecen al grupo de bacterias que son anaeróbicas facultativas, que son capaces de desarrollarse bajo distintas condiciones de disponibilidad de oxígeno. Las cualidades de estos géneros permiten que exista una amplia diseminación de infecciones, provocando enfermedades en distintos frutos y productos. En piña, *Erwinia herbicola* (*Pantoea agglomerans* en recientes clasificaciones) afecta al fruto causando que la pulpa tenga una apariencia acuosa o con un color ligeramente rosado (Beattie, *et al*, 1995: 78).

Las bacterias identificadas como *Pantoea* en este análisis se consideran patógenos débiles, es decir que bajo ciertas condiciones actúan como un patógeno secundario que causa daño a los tejidos deteriorados en los frutos. En este caso, los mangos pueden haber sufrido algún tipo de estrés, lo cual puede deberse a mal manejo de los tiempos y temperaturas del tratamiento hidrotérmico o un estrés por la temperatura y duración del almacenamiento. La mayoría de patógenos presentes en la etapa de la pos cosecha de productos hortícolas son patógenos secundarios, que aun cuando puedan establecer una infección, estos se mantienen latentes hasta que las condiciones les favorezcan (Joyce, *et al*, 1997a: 43-44). Una vez los productos cosechados comienzan a madurar, estos patógenos pasan del estado latente a invadir el tejido, donde eventualmente causan síntomas visibles de enfermedad (Sommer 1995: 80-82). En general, todos los frutos son susceptibles a patógenos después de ser cosechados y la susceptibilidad incrementa cuando los frutos pasan de un proceso anabólico a un estado neto catabólico, en respuesta al estrés provocado por la cosecha, provocando que el tejido sea menos capaz de formar reacciones de defensa contra patógenos, estimulando la pudrición en asociación con el deterioro fisiológico (Joyce, *et al*, 1997a).

Las frutas tropicales están sujetas a varias enfermedades muy destructivas en la etapa de la poscosecha; algunas de estas enfermedades nacen de infecciones que ocurren en el campo permaneciendo latentes hasta que la fruta madure, mientras que otras resultan de golpes infecciosos que ocurren durante la cosecha y manejo de frutos. De las enfermedades que nacen de infecciones del campo, algunas se propagan fuera del árbol, es decir, por medio del agua, aire, insectos, mientras otras son sistémicas propagándose por dentro de los árboles.

Enfermedades en la poscosecha tienden a quedarse latentes hasta que los frutos comienzan a madurar, ya que aparentemente van perdiendo sus defensas (Labavitch, 1997: 39). Para un óptimo manejo en la poscosecha de los mangos, se busca atrasar el comienzo del ritmo de maduración de las frutas hasta que el consumidor las tenga en mano (Joyce, *et al*, 1997b: 40-42), y esto se puede lograr reduciendo la temperatura de almacenamiento hasta el mínima temperatura necesaria que no dañe el fruto. Según los resultados obtenidos, los menores porcentajes de pérdida de peso, mayor firmeza en pulpa, y menores porcentajes de pudrición en pedúnculo del mango, se obtuvieron bajando el ritmo de maduración de los mangos, lo cual se produjo cuando estos fueron almacenados a 8°C.

El mal uso del tratamiento hidrotérmico (que depende del peso y variedad de mango) también puede causar daños en los frutos, por ejemplo, a altas temperaturas las ceras presentes en la cáscara del mango pueden descomponerse y formar rajaduras en los frutos, dejando una parte de la piel en contacto con posibles enfermedades (Mitcham y McDonald, 1997: 204-205). Pero esta posibilidad debe de ser estudiada con mayor detalle.

El debilitamiento de los mangos puede deberse también a un desorden bioquímico en los tejidos. De acuerdo a esta posibilidad, se recomienda hacer una investigación sobre los niveles de calcio presentes en los tejidos, ya que se ha reportado que bajos niveles de calcio afectan la rigidez de la pared celular, lo cual provoca que el fruto este más propenso a enfermedades (Joyce, *et al*, 1997b).

## VI. CONCLUSIONES

Los niveles de calidad de los mangos se vieron afectados por el uso del tratamiento térmico y las distintas temperaturas de almacenamiento. En general, el almacenamiento de los mangos a 8°C con previo tratamiento térmico mantuvo estables los niveles de firmeza incluso hasta los 29 días de almacenamiento, los bajos porcentajes de pérdida de peso, los cuales fueron aumentando paulatinamente se mantuvieron bajos hasta cumplir 23 días de almacenamiento.

La coloración superficial tuvo mejor formación de pigmentación rojo anaranjada cuando los frutos fueron almacenados a las mas altas temperaturas refrigeradas (12°C) ó 20°C. Los mismos efectos se observaron al medir la composición química de la pulpa.

El ritmo de maduración de los mangos debe ser lento para obtener mejor calidad (basándose en pérdida de peso y firmeza) y menos pudrición en el pedúnculo del fruto. Estos niveles de calidad para exportación se alcanzaron cuando los frutos estuvieron almacenados a 8°C con previo tratamiento térmico. Por lo tanto, se recomienda usar estos tratamientos para periodos prolongados de embarque. Futuros estudios sobre una atmósfera controlada y los niveles de calcio presentes en la pared celular para evitar debilitamiento de tejido, son necesarios para combinar todos los factores posibles y mantener altos niveles de calidad de los frutos.

Los frutos provenientes de las distintas fincas varían en calidad. Las fincas A y B (en áreas con altas precipitaciones pluviales) presentaron altos niveles de pudrición al finalizar los distintos períodos de almacenamiento, más que todo después de los 23 días de almacenamiento. Una menor pudrición de frutos se podría obtener si estas fincas mantuvieran prácticas de campo y de cosecha más cuidadosas, ya que pareciera que las plantaciones tuvieran altos niveles de infección de enfermedades, los cuales se dispersan cuando los frutos son mezclados en la planta Genexsa.

El organismo causante de la pudrición en pedúnculo de mango se atribuyo a bacterias del genero *Pantoea*. Pero, este patógeno se definió como un patógeno débil o secundario, ya que se sólo se presentó cuando el fruto estuvo bajo estrés fisiológico. Las bacterias pudieron haber estado presentes en los mangos desde la cosecha, pero se mantuvieron latentes hasta que las condiciones de los frutos fueran favorables para su desarrollo. Las condiciones favorables se deben a un marchitamiento o envejecimiento de la pulpa las cuales se expresan cuando la fruta pierde firmeza y tiene altos porcentajes de pérdida de peso.

Se recomienda hacer un análisis más específico con una metodología más técnica para futuros análisis de las bacterias que afectan a los mangos, para asegurar su identificación a especie.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Bagshaw, J., Brown, B., Cooke, T., Cunningham, I., Johnson, G., Mayers, P. y Muirhead, I. 1989. Mango Pests and Disorders. Department of Primary Industries, Queensland Government, Brisbane. 44pp.
- Beattie, B., McGlasson, W.B., y Wade, N. 1995. Postharvest diseases of horticultural produce: Tropical Fruit. Volumen 2. Department of Primary Industries, Queensland. 86pp.
- Bender, R.J., Brecha, J.K., and Campbell, C.A. 1994. Postharvest response of Kent and Tommy Atkins mangoes to reduced O<sub>2</sub> and elevated CO<sub>2</sub>. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 107, 274 – 277.
- Calderón, E. 2000. *La industria del mango*. Guatemala, Agexpront.
- Cultivo orgánico del mango*. Documentación de la biblioteca de Agexpront. Guatemala.
- Farooqui, Q.A., Saltar, A., Duda, K. y Hussain, M. 1985. Studies on the postharvest chilling sensitivity of mango fruit (*Mangifera Indica* L.). Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 98, 220-221.
- Joyce, D.C., G.I. Jonson y M.J. Gosbee. 1997(a). Does Preharvest Stress of plants affect Postharvest Decay of their Fruit? En: Disease Resistance in Fruit, Proceedings of an International Workshop held at Chiang Mai, Thailand, 18-21 Mayo. 39-45p.
- Joyce, D.C., A.J. Shorter, A.J. Macnish, P. Akkaravessapong y M.J.Gosbee. 1997(b). Postharvest water loss, postharvest calcium treatment and Kensington mango fruit quality. En: Disease Resistance in Fruit, Proceedings of an International Workshop held at Chiang Mai, Thailand, 22-23 Mayo. 40-48p.
- Labavitch, J.M. 1997. Fruit ripening and defence against pathogens – Loss of Resistance or Gain of Susceptability. En: Disease Resistance in Fruit, Proceedings of an International Workshop held at Chiang Mai, Thailand, 18-21 Mayo. 39-45p.
- MAGA, 2000. Plan de trabajo para el tratamiento y preinspección del mango producido en Guatemala. Ministerio de Agricultura , Ganadería y Alimentación de Guatemala, US Department of Agriculture, y Animal and Plant Health Inspection Service.
- Mann, S.S. y Singh, R.N. 1976. The cold storage life of Dasherri mango. Scientific Horticulture 5, 249-254.
- Mitcham, E.J. y R.E. McDonald. 1997. Effects of postharvest heat treatments on inner and outer tissue of mango fruit. Trop. Sci., 37: 193-205.
- Mitra, S.K. 1997. Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits. CAB International, New York, USA. 423pp.

*Proyecto: Estación de factibilidad de una planta de tratamiento hidrotérmico de mango.* 1994. Gremial-AID. Guatemala.

Schaad, N.W; J.B. Jones y W. Chun. 2001. *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria.* 3ª ed. Minnesota, USA, APS Press. 373 págs.

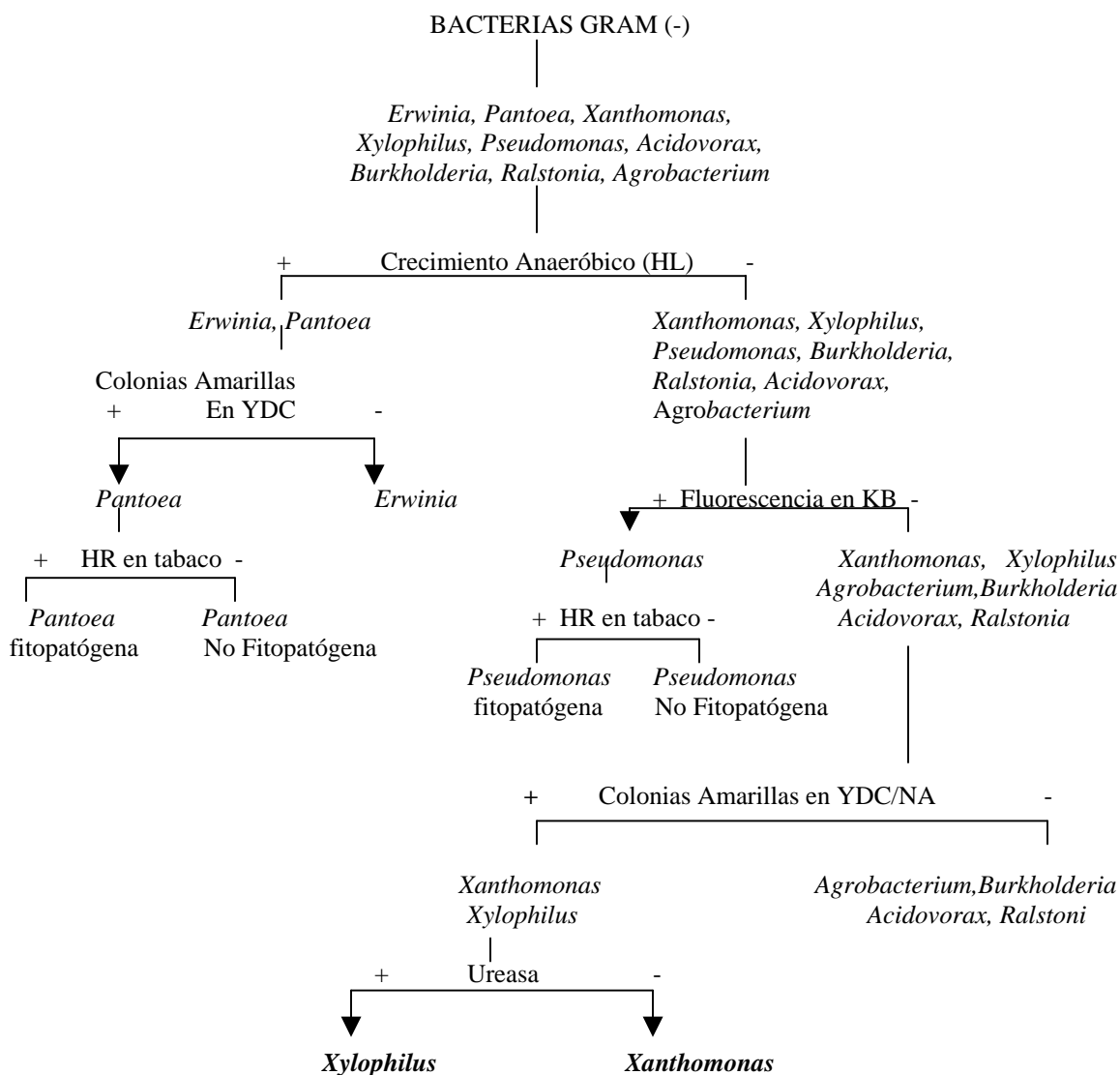
Snowdon, A. L. *A color Atlas of POST-HARVEST Diseases & Disorders of Fruits & Vegetables.* Volume 1: General Introduction & Fruits.

Sommer, N.F. 1985. Principles of disease supression by handling practices (Chapter 14). En: Kader, A.A., Dasmire, R.F.m Mitche 55 Reid, M.S., Sommer, N.F. y Thompson, J.F., ed., Postharvest Technology of Horticultur Special Publication No. 3311. Berkley, University of California, 75-82.

Velásquez, Leonel W. 1993. *El cultivo del mango.* Guatemala, Estación de Investigación y Producción Agrícola, Los Brillantes.

## VII. APÉNDICES

### APÉNDICE A DIAGRAMA DE FLUJO PARA DIFERENCIACIÓN DE BACTERIAS GRAM (-)



El diagrama de flujo se hizo en base al diagrama descrito por Schaad et.al., 2001. Se resumió según los intereses al análisis de bacterias que afectan a frutos de mango (*Mangifera indica*), haciendo una diferenciación entre todos los géneros de bacterias fitopatógenas del grupo Gram(-).

## APÉNDICE B

### PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO

#### MEDIOS COMUNES Y SEMISELECTIVOS

##### **Medio Agar Nutritivo (NA)**

Este medio se utiliza para propósitos generales. Permite el crecimiento de la mayoría de bacterias fitopatógenas. Se utilizó el medio preparado de venta comercial.

##### Ingredientes:

Medio NA	23g
Agua desmineralizada	1000ml

##### Preparación:

Agitar el medio NA en el agua. Autoclavear por 15 min a 15SI. Verter en cajas petri esterilizadas. Guardar en refrigeradora hasta ser utilizadas.

##### **Medio YDC (Levadura-dextrosa- carbonato)**

Útil para formación de colonias de bacterias de color amarillo. Se utiliza para comienzo de separación e identificación de géneros de bacterias fitopatógenas gram -.

##### Ingredientes:

Extracto de Levadura	10.0g
Dextrosa (glucosa)	20.0g
Carbonato de Calcio (de grano fino)	20.0g
Agar	15.0g
Agua desmineralizada	1000ml

##### Preparación:

Para obtener un medio cremoso se prefiere que el carbonato de calcio sea de granos fino, para que éste no se precipite en el fondo del medio. Mezclar la glucosa en 100ml de agua. Mezclar los demás ingredientes en los restantes 900ml de agua. Autoclavear por separado por 15 min a 15PSI. Juntar y mezclar las dos soluciones, antes de verter en cajas petri esterilizadas, agitar constantemente para que el carbonato de calcio no se asiente. Guardar en Refrigeradora hasta ser utilizadas.

##### **Medio King et.al.'s B agar (KB)**

Este medio es útil para diferenciación de Pseudomonas Fluorescentes. Se utilizó el medio preparado de venta comercial.

##### Ingredientes:

Medio KB	33.5g
Glicerol	10.0g
Agua desmineralizada	1000 ml

**Preparación:**

Mezclar los ingredientes secos en el agua y agitar para que se revuelvan bien. Autoclavear por 15 minutos a 15PSI. Verter en cajas petri esterilizadas. Guardar en refrigeradora hasta ser utilizados.

**Caldo Nutritivo**

Útil para preparar suspensión bacteriana, que puede servir para prueba de la papa y prueba de hipersensibilidad en tabaco.

**Ingredientes:**

Caldo Nutritivo (Nutrient Broth)	
Agua desmineralizada	1000ml

**Preparación:**

**Mezclar el caldo nutritivo con agua y autoclavar por 15 minutos a 15PSI. Guardar en refrigeradora hasta ser utilizado.**

**Caldo de Sales de Levadura (YS)**

Útil para crecimiento de bacterias a 37°C.

**Ingredientes:**

NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		0.5g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.5g	
MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O		0.2g
NaCl		5.0g
Extracto de Levadura		5.0g
Agua desmineralizada	1000ml	

**Preparación:**

Mezclar ingredientes, agregar agua y calentar hasta que ingredientes estén bien disueltos. Agregar 10 ml a tubos de ensayo y autoclavar por 15 minutos a 15PSI. Guardar en refrigeradora hasta ser utilizados. (Schaad, 1988)

**MEDIOS PARA DIAGNOSTICO Y PRUEBAS****Tinción de Gram (Schaad, 2000)**

Bacterias Gram-positivas retienen el color del primer tinte, dando una apariencia morada a azul-negruzco. Bacterias gram-negativas toman el color del tinte contraste.

**Procedimiento para tinción:**

- Sobre un portaobjeto limpio, hacer un frotis con bacteria y dejar secar al aire, sin calor. Luego, pasar por llama la parte de abajo del portaobjeto para fijar la bacteria al portaobjeto.
- Cubrir el frotis con solución de cristal violeta por 1 minuto.
- Lavar con agua de chorro por unos segundos. Escurra el exceso de agua.
- Cubrir el frotis con solución de yodo por 1 minuto.
- Lavar con agua de chorro por unos segundos. Escurra el exceso de agua.

- f. Decolorar con un solvente, como alcohol etílico, hasta que el solvente fluya sin color del portaobjeto (aproximadamente 30 segundos). (Si el decolorante se usa mucho tiempo, las bacterias Gram-positivas pueden perder su color.)
- g. Desaguar con agua por 2 segundos.
- h. Teñir por 10 segundos con solución contraste de safranina.
- i. Desaguar brevemente en agua. Dejar secar y examine.

Resultados:

Bacterias Gram-positivas se tiñen de color morado; las bacterias Gram-negativas se tiñen rojo.

Soluciones:

a. Cristal violeta y oxalato de amonio

Solución A	
Cristal Violeta	2.0 g
Alcohol etílico (95%)	20.0 ml

Solución B	
Oxalato de amonio	0.8 g
Agua Destilada	80.0 ml

Mezclar solución A y B. Almacenar por 24 horas antes de ser utilizado. Pasar por papel filtro antes de almacenar en botella.

b. Solución de Lugol

Yodo	1.0g
Potasio yodado (Potassium iodine)	2.0g
Agua Destilada	300.0ml

Permita que la solución de yodo se disuelva por varias horas o por la noche en un lugar oscuro. Alternativamente, triturar el yodo seco y el KI en un mortero, agregando poco a poco el agua. Continuar triturando hasta que I y KI estén mezclados en la solución. Desaguar la solución con el resto de agua cuidando que solución quede en una botella oscura.

c. Decolorante

Usar Alcohol Etílico al 95% (es el agente más lento)

d. Tinte contraste

Solución Madre	
Safranina O	2.5g
Alcohol etílico, 95%	100.0ml

Solución Utilizada	
Solución Madre	10.0ml
Agua Destilada	90.0ml

### Tinción de Flagelos (Schaad,2000)

#### Preparación de bacteria y precauciones:

1. Utilizar bacterias que provengan de un medio estándar (NA ó YDC) de 24 – 48 horas de crecimiento.
2. Utilizar una especie con flagelos peritricos (*Erwinia*) como control.
3. Colocar una gota de agua destilada sobre un portaobjeto previamente desinfectado con alcohol.
4. Hacer un frotis con la bacteria en el portaobjeto.
5. Dejar secar al aire. NO APLICAR CALOR AL FROTIS DE BACTERIA (quema los flagelos).

#### Procedimiento para la tinción:

1. Cubrir el frotis con el reactivo A por unos 2 a 4 minutos, luego desaguar con agua destilada.
2. Agregar reactivo B (pH 10.0) por 30 segundos e inmediatamente lavar con agua destilada.
3. Dejar secar al aire, examinar con aceite de inmersión.

#### Resultados:

Bacteria y flagelos se tiñen café oscuro o negro.

#### Reactivos:

##### A. Solución de ácido tánico

Ácido Tánico	5.0g
Cloro férrico (Ferric chloride)	1.5g
Formalina (15%)	2.0ml
Hidróxido de sodio (1%)	1.0ml
Aforar a 100ml con agua destilada.	

##### B. Solución de Nitrato de Amonio de Plata

Nitrato de Plata (2%)	100.0ml
-----------------------	---------

Remover y salvar 10ml de nitrato de plata. Luego agregar hidróxido de amonio a los restantes 90ml hasta que un precipitado espeso de forme. Continuar agregando hidróxido de amonio hasta que precipitado esté disuelto. De los 10 ml de nitrato de plata que sobraron, titular hasta que una nubosidad aparezca y persista. Ajustar pH a 10.0 con hidróxido amonio y nitrato de plata. Usar durante las primeras cuatro de preparado.

### Medio HL (Hugh and Leifson)

Medio útil para crecimiento anaeróbico de bacterias. Identifica género *Erwinia* y *Pantoea*. Se utilizó el medio Testnahrboden OF, preparado para venta comercial.

#### Ingredientes:

Medio Testnahrboden OF	11.0g
Glucosa	10.0g
Agua desmineralizada	1000ml

#### Preparación:

Mezclar la glucosa en 100ml de agua. Mezclar medio OF en restantes 900ml de agua. Autoclavear por separado por 15min a 15PSI. Juntar y mezclar las dos soluciones, verter en tubos de ensayo con tapadera de rosca o hule. Para obtener resultados correctos, utilizar tubos de ensayo

previamente esterilizados en autoclave. Guardar en refrigeradora hasta ser utilizados. Inocular dos tubos para cada organismo. Cubrir un tubo con 1ml de aceite mineral esterilizado. Un cambio de color de azul a amarillo en los dos tubos es una reacción positiva para crecimiento anaeróbico (fermentación).

#### Prueba de Oxidasa

Usar cultivos de 24 horas de crecimiento en NA. Colocar y restregar una pequeña cantidad de masa bacteriana sobre un papel filtro humedecido con una solución acuosa al 1% de tetramethyl-p-phenylenediamine dihydrochloride (recién preparada). La bacteria es oxidasa-positiva si se forma una coloración púrpura durante los primeros 10 segundos; oxidasa-positiva-lenta si el color se forma entre 10-60 segundos; negativa si no se forma color después de 60 segundos. (Schaad, 2000)

### **MEDIOS PARA DETERMINACIÓN DEL GÉNERO *Erwinia* y *Pantoea***

#### Producción de Ureasa

Se utilizó prueba API20NE.

#### Producción de Indol

Se utilizó prueba API20NE.

#### **Reducción de Nitratos**\_\_

Se utilizó prueba API20NE.

### **Prueba de Hipersensibilidad en Tabaco**

Utilizar plantas de Tabaco variedad Burley, de aproximadamente dos meses de crecimiento, con hojas sanas libres de manchas o clorosis.

#### Preparación de Inoculo:

Con asa estéril remover una pequeña masa bacteriana de un cultivo fresco que provenga de NA. Transferir la masa bacteriana a un Erlenmeyer de 125 o 250ml y que contenga 50ml de Caldo Nutritivo (CN); dejar en agitador a una temperatura entre 24 a 28°C. Después de 15 horas (por la noche), remover 1.0 ml de la suspensión y agregarlo a un nuevo frasco con medio como anteriormente, colocándolo de nuevo en el rotador. Incubar de 4 a 6 horas hasta que el cultivo alcance una turbidez entre 0.08 – 0.1 unidades ópticas en un espectrofotómetro a 640nm.

#### Inoculación en Hojas de Tabaco:

Inyectar en el espacio intercelular de una hoja de tabaco, cv. 'Burley' con una aguja y jeringa. Colapso completo del tejido después de 24 horas es una reacción positiva. (Schaad, 1998)

La hoja de tabaco se que usará para la prueba debe estar limpia en la superficie, se limpia mediante aspersión con agua esterilizada. Con la aguja esterilizada de la jeringa hacer agujeros en tres lugares distribuidos en la hoja (cada uno en un espacio intervenal distinto). Inocular la solución bacteriana dentro de un agujero, haciendo presión con el dedo entre la jeringa y la hoja para que la solución entre en el espacio intercelular; inocular otro agujero de la misma manera con solución (caldo nutritivo) que no contenga bacteria; dejar el último agujero libre de inoculación. A las 24 horas observar colapso de tejido sólo en la inoculación con solución bacteriana. Si cualquiera de los otros dos agujeros presentan colapso, repetir proceso en hoja nueva.

APÉNDICE C

11206



CIA. DE DESARROLLO BANANERO DE GUATEMALA, LTDA.  
RESEARCH & QUALITY ASSURANCE DEPARTMENT

TELEFAX

DATE:

*Jan 20/91*

TO:

*A. Badillo*

FROM:

*Ingrid*

NUMBER OF PAGES TO FOLLOW:

*11*

Message received incomplete o illegible, please call or telex us

Phone	502 9 478026
Telex	6208 BANDE GU
Fax	502 9 478306

*Ingrid*  
OPERATOR

BACTERIOSIS DEL MANGO (Mangifera indica L. var Tommy Atkins) EN  
GUATEMALA L. Figueroa

INTRODUCCION

El productor de mango más grande de Guatemala, Sr. Edgar Barillas, empezó a notar en los últimos años el apareamiento de una enfermedad que afecta tanto los frutos, inflorescencias, peciolo, tronco y ramas del árbol en la variedad del mango Tommy Atkins. Los síntomas observados van desde frutos con una apariencia externa sana hasta frutos con lesiones de color marrón oscuras hundidas principalmente cerca del peciolo o en la curvatura ventral hacia el ápice del mismo. La lesión hundida avanza por la pulpa hacia la semilla, provocando un oscurecimiento de los haces vasculares hasta afectar a veces el embrión. Los frutos de apariencia sana presentan los haces del peciolo oscuros, pudrición que avanza en su interior hacia la semilla. La coloración de la pulpa afectada varía de un blanco grisáceo hasta un color negro. En el peciolo, los síntomas observados consisten en pequeñas grietas de aspecto corchoso en la que se aprecia algunas veces un exudado gomoso de color café oscuro.

El tronco y ramas de árboles tanto jóvenes como viejos muestran lesiones longitudinales corchosos y agrietados, de tamaño variable que va desde 2 mm hasta medio centímetro de largo que cuando coalescen pueden cubrir la rama a su alrededor. Al efectuar cortes longitudinales de la corteza, el tejido expuesto se aprecia de color café rojizo. Las ramas más afectadas, inicialmente son las más tiernas progresando la enfermedad en forma descendente, hasta matar finalmente el árbol.

91 18-31 FROM BANDESUR-BANANERA

TO

COABRO-GUAIE.

-2-

Los síntomas descritos anteriormente coinciden en su mayoría con los descritos en Venezuela por Guevara Y., et. al. 1980 (3), quienes después de efectuar los postulados de Koch (aislamiento, inoculación en frutos sanos, reproducción de síntomas y reaislamiento del inóculo) concluyeron que se trataba de dos especies de bacterias del género Erwinia. Ambas bacterias E. mangífera y E. carotovora eran las responsables de la pudrición del fruto y chancros de troncos y ramas de mango en Venezuela, ya fuera en forma individual o en asociación.

Gonzales M. y Arroyo J. 1986 (1) reportan que una bacteria del género Xanthomonas es la responsable de los mismos síntomas en frutos de la variedad Tommy Atkins, en Costa Rica. Este mismo autor consigna que Díaz C. et al reportan que una bacteriosis de la pulpa del mango, causada por Xanthomonas sp. Goseco C. 1989 (2) en reuniones y contactos hechos en la Universidad de Florida para conocer sobre este problema, indica que las opiniones son muy variadas. Algunos, señalan que se trata de un problema abiótico y que los microorganismos aislados de los frutos son secundarios. Otros indican que este es un problema inherente a la variedad Tommy Atkins y que la enfermedad tiene su origen en una deficiencia o disminución en la disponibilidad de Calcio y que ocurre especialmente cuando el crecimiento vegetativo se incrementa después del prendimiento y posterior desarrollo del fruto. Incluso se mencionó que se sospecha que se trate del hongo del género Ceratocystis.

Como se puede observarse, la etiología de esta enfermedad en mango es controversial.

En este trabajo además de describir la sintomatología de la enfermedad en frutos y ramas de mango, se indica la metodología y resul-

191 10/32 FROM BANANERA

TO

COAGRO-GUATE.

-3-

HACER LO MISMO.

AISLAMIENTO

Los aislamientos se efectuaron de frutos y ramas de árboles de la variedad Tommy Atkins procedentes de las plantaciones del señor Edgar Barillas, finca Slovackia, Chiquimulilla y de frutos de la plantación de la finca Monte Carmelo propiedad del Sr. José Aguilar, localizada en el Depto. de Jutiapa.

La superficie de los frutos fue desinfectada con un algodón impregnado de alcohol etílico al 90% y luego a la llama y cortando con un bisturí la zona peduncular, la pulpa y semilla afectadas en la zona de avance de la pudrición. Porciones de pulpa enferma se manceraron en agua estéril contenida en la superficie de portaobjetos esterilizados a la flama. Después de colocarse un cubreobjetos estéril se observó la preparación en un microscopio con luz incorporada (400x). El mismo procedimiento de observación al microscopio se efectuó con agua estéril para asegurar que la misma no se contaminaba en el proceso. Trocitos de tejidos enfermo, también tomados en la zona de avance de la pudrición, fueron colocadas con aguja de disección estéril dentro de tubos de ensayo conteniendo agua destilada estéril. Después de 15 horas de reposo, del contenido de cada tubo se estrió en cajas de petri conteniendo los medios Agar Nutritivo (AN) y P.D.A. las que posteriormente fueron incubadas a 30°C durante dos días.

Las ramas y peciolos se desinfectaron con alcohol y flama, luego con un bisturí estéril se eliminó la capa más superficial de corteza, para luego tomar una porción del tejido interno expuesto. Porciones de tejido obtenidas de esta forma se incubaron en cámara húmeda a 30°C por 3 días. Otras porciones del mismo tipo de tejido en cambio, se introdujeron en tubos de ensayo con agua destilada estéril, se dejaron en reposo por 12 horas y se estriaron en cajas

-4-

### RESULTADOS Y DISCUSION

En los montajes de tejido enfermo fresco y macerado en agua estéril, se observaron bacterias altamente móviles, no así cuando la preparación sólo se observó en agua.

En el material incubado en cámara húmeda no se desarrollaron estructuras fungosas en ningún momento, sino que en todos los casos, se apreciaron gotas de exudado gomoso de color café, en las que por el método de observación rápida al microscopio antes mencionado, se reveló la presencia de bacterias.

En las cajas de petri tanto en el medio A.N. como P.D.A. se desarrollaron colonias bacterianas procedentes del material enfermo de la pulpa, semilla, peciolo y ramas. De la fruta, peciolo y ramas procedente de la finca Slovackia se obtuvieron consistentemente dos aislamientos. Uno que desarrolló colonias de color amarillo, de crecimiento rápido y mucoide y otro de crecimiento más lento y colonias de color blanco grisáceo. Por los antecedentes de la literatura que se tenía en ese momento, se pensó inicialmente que sólo la colonia amarilla podría estar asociada al problema y se creyó que la otra era un contaminante. De allí que, las subsecuentes pruebas fueron efectuadas para determinar si la colonia amarilla se trataba de Xanthomonas o Erwinia. Muestras de estos aislamientos fueron enviados a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala para su clasificación, con la recomendación de que se confirmara si la colonia amarilla correspondía al género Erwinia o Xanthomonas. Los resultados de las principales pruebas diferenciales entre las especies más comunes de ambos géneros permitieron concluir de que la colonia amarilla se trataba del género Xanthomonas, al no podrir la papa, no crecer

1951 10:32 FROM BANQUERA-BANANERA TO COAGRO-GUATE. P. 00

-5-

en el medio MS, el típico crecimiento mucoso además la falta de crecimiento en condiciones de anaerobiosis, así como la presencia de un sólo flagelo polar. Sin embargo, no se han efectuado pruebas de patogenicidad con esta bacteria.

De la fruta procedente de la finca Monte Carmelo localizada en Jutiapa, solamente se aisló una colonia de color blanco grisáceo similar al aislamiento "contaminante" asociado a Xanthomonas. A este aislamiento se le efectuó la prueba de patogenicidad en frutos próximos a la madurez y pudrió casi totalmente el fruto en 3 días. Mientras que la fruta del tratamiento testigo no presentó ninguna alteración. De la fruta inoculada se reaisló nuevamente la bacteria de la zona de avance de la pudrición. Este aislamiento y al que se creyó inicialmente un contaminante pudrieron la papa en 12 horas, de donde se sospecha de que ambos sean del género Erwinia.

Los anteriores resultados hacen suponer que el problema de pudrición del fruto y muerte descendente de los árboles de mango en la finca Slovackia podría ser causado por una bacteria del género Xanthomonas sola o en asociación con otra aparentemente del género Erwinia.

Mientras que en Jutiapa, al menos en los escasos frutos encontrados, posiblemente sólo Erwinia es la responsable de la pudrición del fruto, situación que coincide con lo reportado por Guevara Y, et al (3) en la cita adquirida recientemente. Por la carencia de fruta para efectuar las pruebas de patogenicidad adicionales con estos aislamientos, sólo asociados, al momento de preparar este reporte de avance de la investigación, sólo podemos estar seguros que el problema es de naturaleza bacteriana al que pueden estar asociados los géneros Xanthomonas y Erwinia.



991 10:35 FROM BANDEGUAT-BANANERA TO COAGRO-GUATE.

-7-

3. Guevara, Y. et al. 1980 Bacteriosis del mango (Mangifera indica L) en Venezuela I Sintomatología e Identificación. AGRONOMIA TROPICAL Vol. XXX pg. 65-76

4. Schaad N.W. 1988 Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria 2ª Ed. ASP 64 p.

/inc

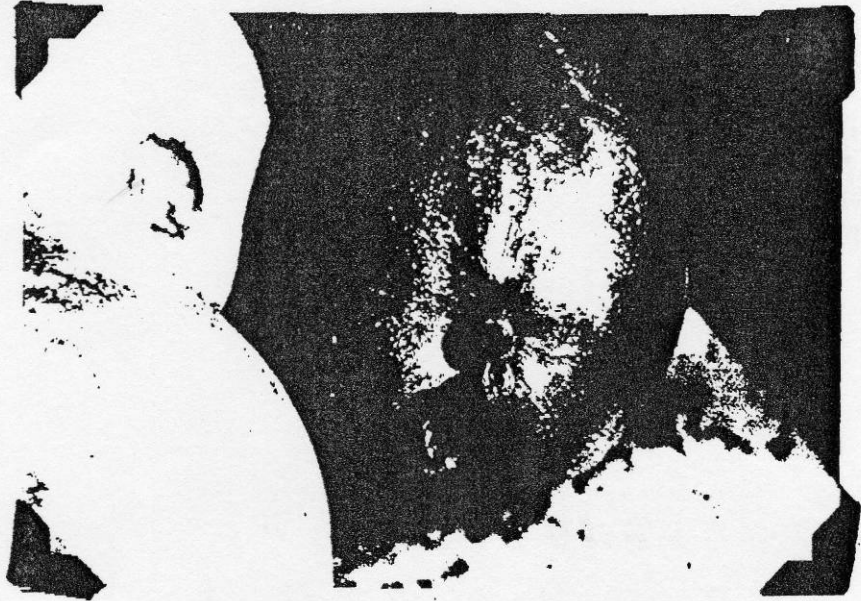


FOTO 1: Síntomas externos de una bacteriosis afectando frutos de la variedad de mango Tommy Atkins

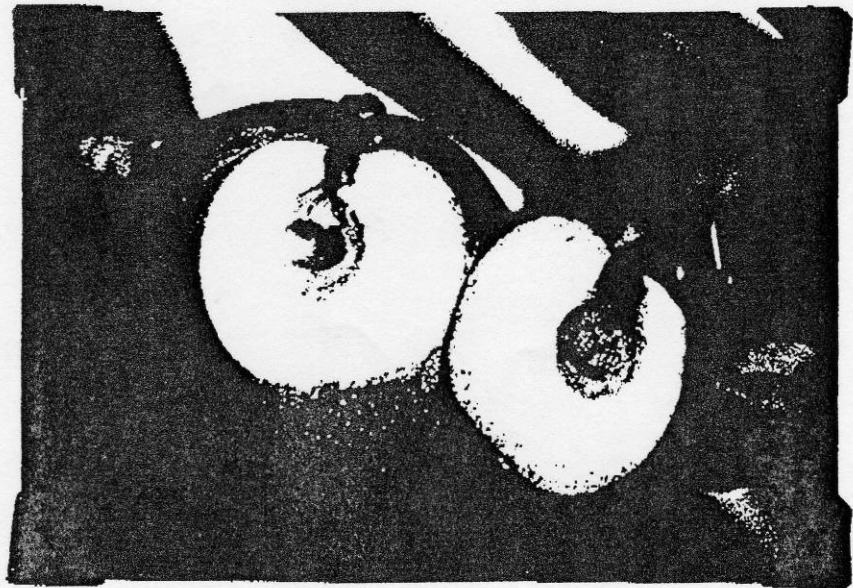


FOTO 2: Pudrición interna del fruto, iniciando por el peciolo  
fruto de mango var. Tommy Atkins



FOTO 3: Pudrición bacteriana afectando la semilla del fruto de mango var. Tommy Atkins

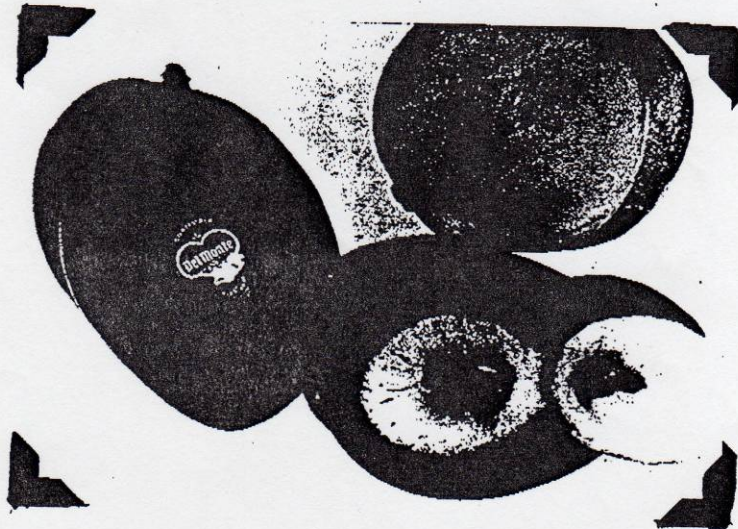


FOTO 4: Fruto de mango sano (arribaizquierda) y enfermo (abajo derecha)



FOTO 6: Prueba de pudrición de la papa para determinar la actividad pectolítica de los aislamientos bacterianos obtenidos a partir de frutos de mango .

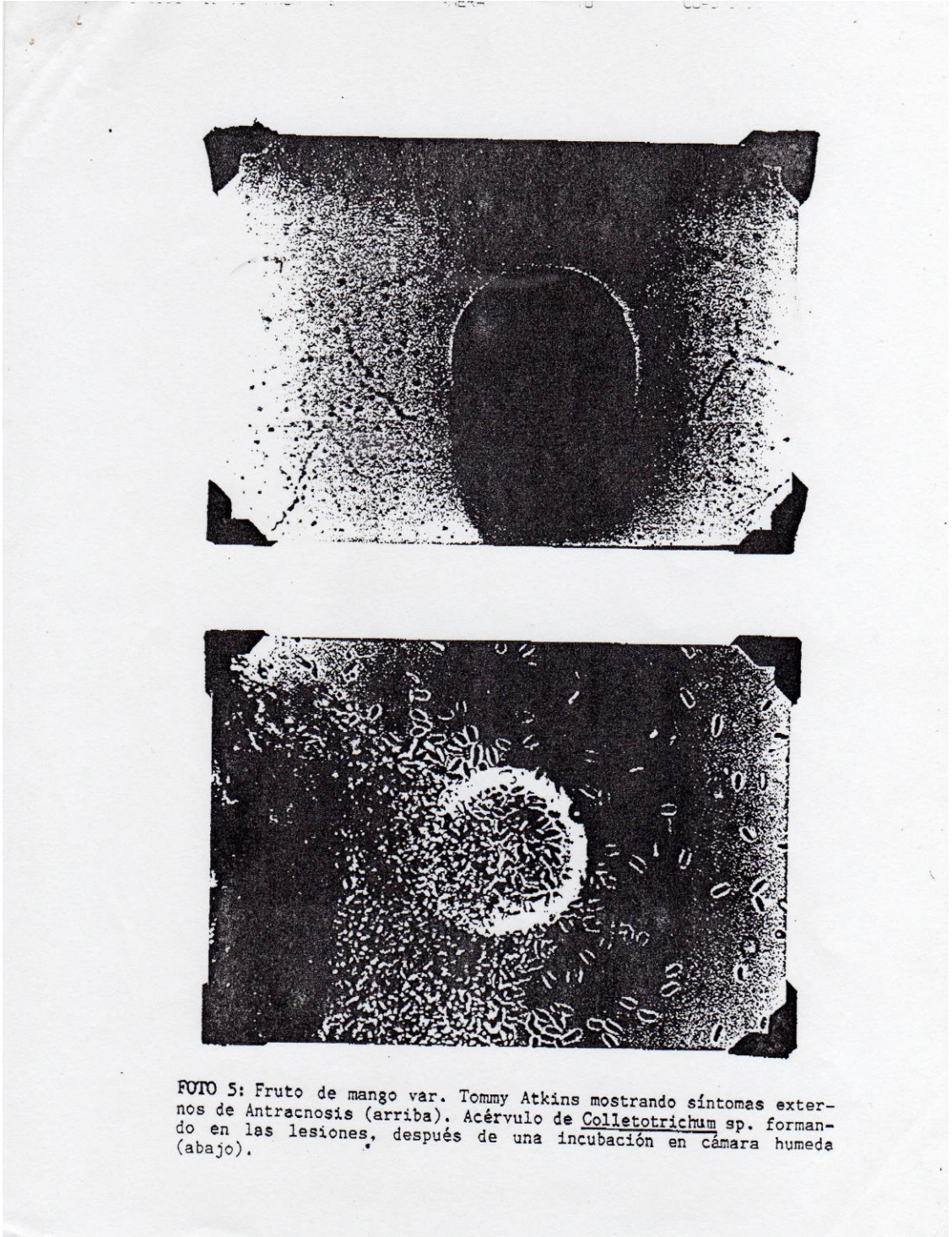


FOTO 5: Fruto de mango var. Tommy Atkins mostrando síntomas externos de Antracnosis (arriba). Acérvulo de *Colletotrichum* sp. formado en las lesiones, después de una incubación en cámara húmeda (abajo).

APÉNDICE D

G. 28983-10M-91



Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación

PALACIO NACIONAL

GUATEMALA, C. A.

12 de septiembre 1991

Ingeniero Agrónomo  
Edwin Zaparolli  
Subjefe Ejecutivo,  
Diversificación Agrícola  
MOSCAMED  
Presente.

Ingeniero Zaparolli:

Me es grato dirigirme a usted, para  
enviarle adjunto, reporte sobre evaluación de enferme-  
dades precosecha en mango y el manejo postcosecha  
proporcionado por COAGRO.

Sírvase enviar sus comentarios al respecto.

Atentamente,



*[Handwritten Signature]*  
ING. AGR. ADOLFO BOPPEL CARRERA  
MINISTRO DE AGRICULTURA  
GANADERIA Y ALIMENTACION

M/ldef.

RECIBIDO  
PROGRAMA MOSCAMED  
PROYECTO AGROINDUSTRIA  
Fecha: 13-9-91 Firma: Johana L.  
13:20 Hrs

unes 5 junio: 8:00



COMPañIA AGRICOLA DIVERSIFICADA. S. A.  
COAGRO

12 Calle 1-25 Zona 10  
Edificio Géminis 10 Torre Norte, Oficina 613  
Guatemala, Guatemala

TELEFONO: 353235  
X: 353236

CABLE BA  
APARTADO POST.

Guatemala, 29 de Agosto de 1991.

Ing.  
Adolfo Boppel  
Finca Maragos  
Ciudad.-

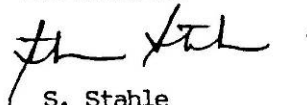
Estimado Sr. Boppel:

Me complace adjuntar el reporte del Dr. Robert T. Mc. Millan, Jr. sobre la evaluación de enfermedades pre-cosecha en mango y el manejo post-cosecha de la misma.

Como podrán notar en este reporte, hay unos puntos nuevos al respecto del tipo de enfermedad que diagnostica el Dr. Mc. Millan contra otras teorías, entre otras cosas.

Espero que esta evaluación les sea de utilidad en sus operaciones agrícolas.

Atentamente,



S. Stahle

SS/vba.  
c.c.: G. Brunelle.  
A. Badillo  
D. Cardona

~~11~~ 1

Guatemala  
Evaluation Of Mango Pre-Harvest Disease And Post-Harvest Handling  
April 16-19, 1991

By

Dr. Robert T. McMillan, Jr. PhD

2.

#### SCOPE OF ASSIGNMENT

1. Evaluate the extent of the mango bacterial disease affecting the fruit, flowers and branches in southwestern Guatemala.

2. Collect branch and panicle samples for isolation studies to determine the causal agent of this new mango disease to Guatemala.

3. Evaluate the harvest and handling of the mango fruit prior to delivery of the fruit to the port.

4. Make recommendations to improve the pre-harvest and the post-harvest handling of mangos in Guatemala.

#### BACKGROUND OF THE NEW BACTERIAL DISEASE OF MANGO

The disease affecting mangos in Guatemala and Costa Rica appears to be a bacteria. The bacteria belongs to the order Eubacteriales and the family Enterobacteriaceae. The method used to identify the bacteria, fatty acid analyzer, does not have the genus of this bacteria in its library. The search is continuing to properly identify this bacteria isolated from the diseased mango in Central America.

Not all of the mango production sites visited in Guatemala exhibited the typical symptoms of the bacterial disease. In Costa Rica all of the production sites visited had fruits as well as trees that expressed the symptoms of the bacterial disease.

#### Bacterial Disease Symptoms and Varieties Affected

The symptoms which appear on the trunk and branches are first noted as small dark brown lesions that exuded a creamy red sap that will build up at the lesion and run down the trunk or branches or drip on the surfaces below depending on the angle of the infected branches. Internal symptoms are found by stripping the bark away from the cambium of the branches or trunk that reveals numerous small red lesions, approximately 1/2 to 3/4 inch long by 1/32 of an inch wide, in the vascular tissues. The bacteria doesn't seem to kill the infected tree but weakens it so that the bark borrowing insects attack the tree and infect the tree with Ceratosysits which ultimately kills the tree. This syndrome was noted on Mr. Edgar Barillas's Finca Eslovaquia where several trees had died. The flower panicles appear to be infected by insects visiting the flowers. Numerous insects visiting the mango flowers in Costa Rica have been found to be carrying the bacteria. The panicles have open lesions with bacterial sap flowing down the panicles on to young fruits.

3.

Many of the infected fruits can be traced back to lesions on the panicles which was evident at the Finca Eslovaquia. There is speculation that the insects visiting the flowers are carrying the bacteria to the flowers as happens with fire blight on apples and pears.

The typical fruit symptoms appear as a single lesion on the shoulder of the fruit or on the cheek. The fruit lesions first appear as a pinpoint on the maturing fruits, developing into a large dark to grayish brown spot. The decay is confined internally, found to traverse down the stem to the seed and through the tissues out to the skin. The fruit decay is gray near the skin and turns from light to dark brown at the seed. This fruit decay is firm and doesn't resemble soft rot caused by Erwinia amylovora where it becomes soft and smells nor does it appear as anthracnose rot caused by Colletotrichum gloeosporioides or genetic seed break down found in the mango variety Tommy Atkins.

The varieties of mangos found to be affected by this bacterial disease in Guatemala and Costa Rica are 'Tommy Atkins' and the so called 'Yellow Haden' which is not a 'Haden' mango and is only grown in Costa Rica.

#### Occurrence of the bacterial disease in Guatemala and its affect on marketing

The bacterial disease of mango in Guatemala is more serious than that observed in Costa Rica. All of the farms visited which were growing 'Tommy Atkins' mango had infected trees and fruits. At the Maragros Finca some trees and fruits were infected. In addition the flower panicles on the cashews were showing the typical symptoms as in the mango. The cashew is in the same family as the mango. Therefore it may not be too surprising to find that the bacteria would attack both.

The Finca Eslovaquia is the largest commercial mango production grove visited in Guatemala. A very high percentage of the trees in production and the new plantings, 3 to 4-years-old were found to be infected with the bacteria. Several trees have died with the syndrome, bacteria disease weakened the tree, bark boring insects attacking and infecting the trees with the fungus Ceratocystis. It was on this finca that the highest percentage of infected fruits per tree was observed. The total number of infected and uninfected fruits were counted and found to be 29 infected to 81 noninfected fruits. This is approximately 30 percent of the fruits which were not marketable.

Although there are a high percentage of fruit that are not marketable in the field there is no concern in the area of postharvest since it is easily recognized at picking and packing and thereby removed. The disease does not occur after harvest.

4.

The problem lies in the fact that a field control of the bacteria must be found quickly to stop the loss of trees which will ultimately result in the loss of production of the 'Tommy Atkin' mango.

The method of wounding or scraping the infected trees seems only to cause the trees to show a short term recovery by regenerating new vascular tissue. However, the trees go back into decline when the new tissue becomes reinfected with bacteria again.

#### Dissemination of the mango bacterial disease

At this moment the primary way for the movement of the mango bacterial disease seems to be through budwood. Inspection of plant nurseries in Costa Rica and Guatemala and finding contaminated budwood grafted trees tends to support this as being a mode of dissemination. The tropical fruit nursery, Chiquimulilla, Ministry of Agricutata, Nursery Fruit Tropecales, Monte Carmelo, was inspected and found to have budded trees with infected budwood.

Another mode of dissemination as shown in Costa Rica is insects which visit the flowers. Some of the captured insects were found to be carrying the bacteria.

#### PREHARVEST AND POSTHARVEST HANDLING GUATEMALAN MANGOS

##### Fruit Color

The mango fruit color is for the most part outstanding. Fruiting comes during the dry season which means clear skies with lots of sunshine. The only place this was noted to be a problem was fruits being harvested from large old trees and trees which were planted too close and never having been pruned. It has been pointed out to the mango growers in central and South America that there is nothing wrong with close spacing of trees in the orchard, as is done in south Florida, but the machinery to prune the trees must be purchased or built to reduce the foliage. This is the only way to allow the tree to produce the high percentage of the fruit in the sunshine and obtain maximum color. The groves at Finca Eslovbaquia is now reaching the stage where hedging and topping is necessary. In regards to color of mango varieties this is a fixed genetic character which can be altered on occasion by the environment. However, the mango variety in Central America called the yellow haden is not the true 'Haden' mango. The 'Haden' is the mango standard of the world with its striking colors of red, orange and yellow. Wherever the 'Haden' is grown it exhibits these colors and is never mistaken for any other variety.

5.

### Preharvest Care Of Mango

The mango production groves in Guatemala receive at best a minimal sustenance level of care. Due to economic hardships the trees are not fertilized or sprayed with nutritional as often as needed for good growth. In areas where artificial irrigation is necessary the trees still receive only sustainable levels of water. The trees at the finca de Maragros reflect in their growth the need for more frequent irrigations.

The trees at Las Vegas are too tall and too crowded for good production and good fruit color. Pruning is necessary to bring these trees back to good production. At this finca the trees were sprayed with a herbicide 2,4-D either by drift from a sugar cane field or by contaminated sprayers applying fungicides to the mango trees in the grove. The fruits from this finca were showing a high level of anthracnose which indicates that fungicide applications to protect the fruit are minimal.

Mango trees found at the Hacienda Los Tilos are about 25-years-old and are gigantic. It is necessary to climb the trees to harvest the fruit. The trees are planted on a wide spacing which allows the trees to grow tall and wide. The fruits from these trees have good color and showed no anthracnose. The finca manager said that to his knowledge the trees have never been sprayed or received any nutrition. If this is true and the finca mangos are free from anthracnose every season then this would be the place to obtain land to farm mangos.

In spite of the bacterial disease problems in the mango trees at the Eslovaquia Finca the trees look like they are in relatively good condition. The trees have been planted and cared for in a professional way. The trees and fruits appeared to have very little or no anthracnose. The unknown mango variety growing at this finca appears to be 'Cogshall'. The production problem in this grove will be pruning. In the not to distant future this grove will need hedging and topping.

### Postharvest Handling And Packing

The two most serious postharvest disease problems of mango are anthracnose caused by Colletotrichum gloeosporioides and stem end rot caused by Diplodia natalensis.

Adequate control of anthracnose can and should be done with preharvest foliar sprays of benomyl, chlorothalonil, ferbam and copper. There are no fungicides which adequately control stem end rot as a preharvest or a postharvest problem. The best way to prevent postharvest loss of mango fruit by stem end rot is to harvest the fruit mature green and not immature green.

6.

Control of postharvest anthracnose rot of the mango fruit can be attained by hot-water treatment (130 F for 5 minutes) at harvest time and before the fruit begins to soften. The hot-water treatment is enhanced when fungicides such as benomyl and prochloraz are added.

The postharvest treatment of mango fruits in Guatemala and Costa Rica are pretty much standard among growers selling fruits to Del Monte. Each grower tries to implement the postharvest treatment system but some are very primitive as noted at Las Vegas and Maragros. Some times growers can escape the wrath of anthracnose simply because they didn't have a serious disease problem to begin with.

The Barillas packing house at Finca Eslovaquia is very advanced for a remote mango production farm. The fruit being packed looked very good and was being done in a professional manner. The supervision of the packing of mangos for export was very good since there was a supervisor from the finca and Del Monte. However, as happens with controls on equipment things have a way of getting out of control. The hydrocooler reduced the water temperature considerable lower than necessary to chill the fruit before packing and storing in the refrigerated container, resulted in water soaked lenticils on the fruit. The water soaking came about because of the fruits being hot water treated prior to the hydrocooling. The temperature differential was too great and allowed the water to enter through the lenticils.

The harvested fruits were brought to the packing house in boxes riding on large trailers. Many of the trailers were parked under the shade of the trees around the packing house but some were parked out in the open exposed to the sun. Some of these fruits were sunburned and would have to be discarded while the others gained heat which would require more cooling to bring down the high temperature.

The handling and packing at the other packing areas were not very well supervised by the packing house manager and there was not a represented inspector for Del Monte. This lack of supervision was evident when the packed boxes were inspected at the Las Vegas packing house, a high percentage of the packed boxes had anthracnose infected fruits.

#### CONCLUSIONS

The bacterial disease of mango in Guatemala is a serious problem for the growers. Positive identification of the mango bacteria is necessary and is on going. However, a method of control is an immediate necessity. In addition the dissemination of infected trees must be prevented. Mango varieties other than the susceptible 'Tommy Atkins' should be considered for production.

7.

Preharvest care and handling of mango export production groves must be improved to produce export quality fruits that will meet Del Monte's high standards. Guatemala's dry season fits right into a minimal anthracnose control program.

Postharvest handling and packing of mangos for export must be improved and adhered to. Care must be taken to prevent the harvested fruit from sitting in the sun prior to packing.

Del Monte inspections of packing houses and their packed out packages must be improved by having a supervisor at the house at the time of packing. This would reduce the numbers of boxes rejected at the port and besides not all of the packages can be inspected at the port thus increasing the probabilities of bad fruits reaching the markets.

#### RECOMMENDATION

1.) A field study of bactericides should be initiated at this time on infected 'Tommy Atkin' trees. Mr. Edgar Barillias should be approached to put out field trials at his farm. He has the trees and the spray equipment to carry out a good disease control study. There should be three field studies, one being a foliar study conducted commencing at anytime and another starting at flowering and the third one being an injection of bactericides commencing at anytime.

a. The bactericides to be applied on the foliage should include streptomycin, terramycin, copper plus ferbam prior to flowering.

b. Apply the same chemicals as in a. at the first appearance of the flower panicle and continue weekly until fruit set.

c. Inject streptomycin, terramycin and a combination of both into the trunk of the tree every 2 to 4 months.

2.) A field study of fungicides for the control of mango anthracnose on the flowers and fruits. Apply the fungicides benomyl, copper, chlorothalonil, and ferbam commencing at the first appearance of the flower panicle (2 inches long). In the flowers apply benomyl every 2 weeks, copper, chlorothalonil, and ferbam until fruit set. After fruit set spray benomyl every 3 to 4 weeks, copper every 4 weeks, chlorothalonil every 2 weeks and ferbam every week. A combination of benomyl with all of the other fungicides should also be included. Sprays should continue up to harvest.

8.

3.) A postharvest study for the treatment of mango fruits should be considered. Fruits should be brought into the packing house and washed by immersing them in a tub of tap water. The fruits then should be immersed in a tub of 0.2% benomyl plus 0.2% prochloraz at 53C for 3 minutes, air dried and then placed in forced air cooler to bring the temperature down to storage and shipping temperature of 13C. The packed fruits then can be transferred to a refrigerated container at 13C for transport to market.

4.) A trained Del Monte packing house supervisor should be present at all of the packing houses which are packing fruit for Del Monte.

APÉNDICE E

E

**PROGRAMA INTEGRAL DE PROTECCION  
AGRICOLA Y AMBIENTAL -PIPAA-**

**MAGA/AGEXPRONT/AGREQUIMA**



**INFORME**  
**INSPECCION**  
**FITOSANITARIA EN EL**  
**CULTIVO DE MANGO**  
**PARA EXPORTACION,**  
**TEMPORADA 2000**



**GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2000**

## PRESENTACION

A finales de la década de los 80 fue retirado del mercado un producto químico conocido como Dibromuro de Etileno, el cual era utilizado como tratamiento cuarentenario de mango para evitar el ingreso de larvas vivas de mosca del Mediterráneo a Estados Unidos.

Esta medida permitió, que el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala -MAGA-, a través de la Dirección Técnica de Sanidad Vegetal -DTSV-, en coordinación con el sector productor representado por Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales -AGEXPRONT- y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos -USDA/APHIS/IS-, unificaran esfuerzos para encontrar una alternativa de tratamiento cuarentenario que permitiera continuar e incrementar las exportaciones de mango.

La cooperación de las entidades antes mencionadas dio como resultado la elaboración del Protocolo de Admisibilidad de mango. Este protocolo tuvo su origen en el proyecto de investigación que aportó el tratamiento hidrotérmico como una solución al problema de la mosca del Mediterráneo en las exportaciones de mango, motivando que el sector productor invirtiera en infraestructura para llevar a cabo dicho tratamiento. De esta manera, los mangos guatemaltecos tratados hidrotérmicamente han sido exportados desde 1993 y en la actualidad se cuenta en el país con cuatro plantas de tratamiento hidrotérmico que han empacado en la temporada del año 2,000 un total de 2,403,777 cajas de 4.5 Kg. (10,817 Toneladas métricas) de mango, las cuales fueron exportadas a Estados Unidos y Europa.

El presente reporte reúne la información de las actividades de inspección de fincas y plantas empacadoras de la séptima temporada de exportación de mangos. Estas inspecciones han sido realizadas por el Programa Integral de Protección Agrícola y Ambiental -PIPAA-, como contraparte de USDA/APHIS/IS en representación del Ministerio de Agricultura y como parte del cumplimiento del Plan de Trabajo de mango para exportación a los Estados Unidos en la cosecha 2,000.

**JUNTA DIRECTIVA DEL COMITÉ DE MANGO DE AGEXPRONT**

<b>Presidente:</b>	Jorge Fuentes
<b>Vicepresidente:</b>	Francisco Ferrús
<b>Director:</b>	Fernando Navas
<b>Director:</b>	Guillermo Fuentes
<b>Director:</b>	Edy Martínez
<b>Director:</b>	Tony Dorey
<b>Director:</b>	Hernán Roldán
<b>Director:</b>	Ignacio Berger

**PROGRAMA INTEGRAL DE PROTECCION AGRICOLA Y  
AMBIENTAL -PIPAA-**

Director Ejecutivo:	Jaime Sosa
Coordinador:	Rubén Darío Samayoa
Supervisor de campo:	Fredy Gaytán
Supervisor de planta de tratamiento:	Elmer Reyes
Inspectores de campo:	Elmer Tobar Marvin Paiz Carlos Gonzáles Pedro Santizo Enrique Paredes Edgar López
Inspectores de planta de tratamiento:	Abigail Guillén Hugo Velásquez Edgar Castillo Danilo Guzmán Edgar Leonel Ortíz Mario Esquite

## RESUMEN EJECUTIVO

La exportación de mangos frescos hacia el mercado de los Estados Unidos, es posible a través del cumplimiento de las regulaciones fitosanitarias descritas en el protocolo de trabajo acordado entre las autoridades fitosanitarias de Guatemala y Estados Unidos.

El Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación -MAGA-, a través del PROGRAMA INTEGRAL DE PROTECCION AGRICOLA Y AMBIENTAL -PIPAA- realizó las actividades de inspección fitosanitaria tanto en el campo de cultivo como en las plantas empacadoras para la temporada 2000. Las actividades fueron coordinadas con el Comité de Productores de Mango de la Asociación Gremial de Exportadores de Productos No Tradicionales -AGEXPRONT-.

Las actividades de inspección en campo se iniciaron el 17 de enero del presente año, registrándose un total de 185 fincas productoras, las cuales representan 3,157 hectáreas, localizadas en los departamentos de: Zacapa, Chiquimula, El Progreso, Jutiapa, Santa Rosa, Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango y San Marcos.

La inspección en campo se realizó supervisando la instalación de la red de trapeo para monitorear la población de moscas de las frutas, así mismo el manejo fitosanitario del cultivo y uso de pesticidas autorizados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos -EPA-, para garantizar la ausencia de larvas vivas de moscas de las frutas en los embarques de mango con destino al mercado estadounidense.

De las 185 fincas que recibieron la inspección, se reportaron capturas en 81 de ellas, siendo 1,742 adultos de los géneros *Anastrepha sp* y *Ceratitis capitata*, con los porcentajes de 99.54 y 0.046 respectivamente. De los departamentos monitoreados, se reportaron mayores capturas en Zacapa, Chiquimula y El Progreso (816 capturas).

Los inspectores de campo extendieron un total de 2,595 certificados de inspección en campo, los cuales acreditaron que los frutos procedieron de fincas que cumplieron con los requisitos establecidos para el efecto.

Las actividades en plantas de tratamiento hidrotérmico, dieron inicio el 07 de febrero y finalizaron el 04 de junio, teniendo un ingreso de 35,706,309 frutos en las cuatro plantas, se muestrearon al azar con un 0.50% un total de 178,944 frutos, los cuales fueron inspeccionados tanto en su parte externa como interna.

Se rechazaron 633,816 unidades por presencia de larvas de moscas de la fruta, detectándose además otros problemas que afectan el fruto, tal es el caso de: pepita negra, escama, antracnosis, roña y minador.

No se detectó ningún caso que indicara presencia del escarabajo de la semilla del mango (*Sternochetus mangifera*) en Guatemala, cuya distribución geográfica se observa en Africa, Asia, Oceanía y El Caribe.

Se exportaron un total de 2,403,777 cajas de 4.5 kilos cada una, (21,917,661 mangos frescos aproximadamente), lo que representa el 61.38% de lo ingresado y el restante 38.62% fue rechazado por problemas fitosanitarios, malformaciones, madurez avanzada, tamaños y otras causas.

Se enviaron un total de 517 embarques, amparados con Certificados Fitosanitarios Oficiales de Exportación, con destino a Estados Unidos y Europa.

## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente documento contiene los resultados de las inspecciones realizadas por inspectores fitosanitarios, tanto en fincas registradas que participaron en el programa de inspección para la exportación de mango a Estados Unidos y en las plantas de tratamiento hidrotérmico, certificadas para la temporada de exportación 2000.

Esta labor se realizó en cumplimiento al plan de trabajo para la exportación de mangos producidos en Guatemala para ser exportados a los Estados Unidos.

El programa es desarrollado en coordinación con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicios de Inspección de Sanidad Animal y Vegetal, Servicios Internacionales (USDA/APHIS-IS) y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).

Dentro de lo establecido en el convenio entre los gobiernos de Guatemala y Estados Unidos, para exportar mangos frescos al mercado estadounidense, el producto debe ser tratado hidrotérmicamente en una planta de tratamiento certificada por USDA/APHIS-IS.

## 2. OBJETIVO

Cumplir con el plan de trabajo para el tratamiento y preinspección de mango producido en Guatemala, durante la temporada de exportación 2000. Lo cual implica minimizar el riesgo de introducción de moscas de las frutas (*Anastrepha* sp), mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata*) y el escarabajo de la semilla del mango (*Sternochetus mangifera*), a Estados Unidos mediante la inspección en campo y de los embarques de fruta que se deseen tratar para exportar.

Según el Programa de Inspección de este año, el área inspeccionada es de 3,157 Ha; sin embargo ~~hubieron~~ <sup>hubo</sup> fincas a las cuales se les inspeccionó, se les colocó la red de trapeo pero no exportaron (332 Ha), por lo consiguiente las 2,403,777 cajas se exportaron de 2,825 Ha.

Si toda el área inspeccionada hubiera exportado, se pudo haber llegado a 2,686,274 cajas (282,497 cajas menos). Con las proyecciones podemos decir que para dentro de 4 años, en el 2004, podríamos estar exportando 3,824,571 cajas.

## 6. CONCLUSIONES

1. Se garantizó la no introducción de moscas de las frutas hacia Estados Unidos, mediante la inspección fitosanitaria realizada en campo de cultivo y en planta de tratamiento hidrotérmico.
2. Existieron infestaciones de moscas de las frutas (*Anastrepha sp.* y *Ceratitis capitata*), en las plantaciones de mango, esto se determinó por las diferentes capturas que se hicieron y la detección de larvas en las plantas de tratamiento.
3. El principal género de moscas de las frutas que se encontró afectando el cultivo de mango fue *Anastrepha sp.* y en mínima incidencia el género *Ceratitis capitata*, lográndose capturas de 1,734 y 08 especímenes respectivamente.
4. La principal enfermedad detectada en la inspección en planta fue pepita negra, la cual llegó a alcanzar un porcentaje del 9.06%.
5. La mayor parte de infestaciones ocurrieron a finales del mes de abril y principios del mes de mayo, en las regiones de producción del país.
6. El rechazo de unidades no exportadas alcanzó un porcentaje del 38.62%, y en éstas se encuentran incluidas las rechazadas por presencia de larvas de moscas de la fruta.

## 7. RECOMENDACIONES.

1. Seguir cumpliendo con responsabilidad lo estipulado en el plan de trabajo de la temporada para poder exportar mango a Estados Unidos y mantener el programa de pre-inspección e instalación de la red de trampeo para las próximas temporadas, ayudando de esta forma a la detección de las infestaciones de moscas de las frutas.
2. Dar mayor atención y control para las próximas temporadas a las poblaciones de mosca de las frutas que se capturaron del género *Anastrepha sp.*
3. Efectuar estudios de determinación y control de la enfermedad llamada pepita negra, debido a que el porcentaje de daño que está causando es alto.
4. Para la próxima temporada de producción de mango, dar énfasis al control de moscas de las frutas durante los meses de abril y mayo, debido a los resultados obtenidos en esta temporada.
5. Implementar prácticas de manejo integrado del cultivo del mango para disminuir los volúmenes de rechazo y lograr con ello el aumento de las exportaciones.
6. Tomar en cuenta las proyecciones de producción para la preparación de la infraestructura necesaria de proceso.