

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA

**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E
INVESTIGACIÓN**

**“ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO
HIDROTÉRMICO PARA CONTROLAR LA
ANASTREPHA LUDENS EN NARANJA VALENCIA
TARDÍA”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

PRESENTA

JUAN PITTA ROSADO

DIRECTOR DE TESIS

DR. DANIEL ÁNGELES HERRERA

TANTOYUCA, VERACRUZ.

AGOSTO DEL 2021

ÍNDICE

Índice de figuras.....	5
Índice de tablas	7
AGRADECIMIENTOS	9
RESUMEN	10
INTRODUCCION	11
CAPÍTULO I	13
GENERALIDADES	13
1.1 Lugar de estudio.....	13
1.2 Planteamiento del Problema.....	13
1.3 Objetivos	14
1.3.1 General.....	14
1.3.2 Específicos.....	14
1.4 Justificación.....	14
1.5 Hipótesis de trabajo.....	15
1.6 Alcances y limitaciones.....	15
1.6.1 Alcances.....	15
1.6.2 Limitaciones del tratamiento hidrotérmico.....	15
1.7 Estado del Arte.....	16
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes	19
2.2 Agronomía de Naranja	20
2.2.1 Origen de la naranja.....	21
2.2.2 Taxonomía y morfología	22
2.2.3 La naranja “Citrus Sinensis” variedad Valencia.....	22
2.2.4 Características morfológicas del fruto	23
2.2.5 Variedades	23

2.2.6 Variedades de importancia económica en el estado de Veracruz.....	24
2.2.7 Temporada de naranja	25
2.2.8 Producción de cítricos	25
2.3 Mosca de la fruta.....	27
2.3.1 Importancia del Género Anastrepha	28
2.3.2 Efecto de los daños al cítrico	29
2.3.3 Ciclo Biológico.....	29
2.4 Índices de madurez de cosecha	31
2.5 Maduración fisiológica de los frutos.....	32
2.5.1 El proceso de maduración, cambios bioquímicos y sensoriales.....	32
2.6 Tratamientos de preservación.....	32
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....	34
MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1.1 Reactivos	34
3.1.2 Materiales	34
3.1.3 Diagrama y descripción del proceso hidrotérmico de la naranja.....	35
3.1.4 Descripción del diagrama de proceso.....	37
3.1.5 Determinar los siguientes parámetros.....	37
CAPÍTULO IV.....	38
MARCO OPERATIVO	38
4.1 Propuesta de tratamientos cuarentenarios.....	38
4.2 Análisis del estado actual.....	38
4.2.1 Realización de pruebas en distintas temperaturas	39
CAPÍTULO V.....	49
RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	49
CAPÍTULO VI.....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
6.1 Conclusiones.....	66
6.2 Recomendaciones	66

BIBLIOGRAFÍA 68

Índice de figuras

Figura 1 Mosca mexicana de la fruta (SENASICA).....	12
Figura 2 Oviposición de Anastrepha Ludens	12
Figura 3 Naranja dulce (citrus sinensis).....	20
Figura 4 Morfología de la naranja	23
Figura. 5 Países productores de cítricos.....	27
Figura 6 Daño en fruta por Anastrepha.....	27
Figura 7 Anastrepha tamaño adulto	28
Figura 8 Anastrepha Ludens en naranja.....	29
Figura 9 Ciclo biológico Anastrepha Ludens	29
Figura 10 Anastrepha Ludens ovipositando	30
Figura 11 Larva Anastrepha Ludens.....	30
Figura 12 Pupa de la mosca Anastrepha L.....	31
Figura 13 Etapas de formación en fruto y en la senescencia (Watada et al., 1984; Dos Santos et al., 2015).	32
Figura 14 Diagrama de proceso de producción de tratamiento hidrotérmico.....	36
Figura 15 Evaluación del cítrico	39
Figura 16 Colocación de cítricos en canasta.....	39
Figura 17 Panel de control y de temperaturas.....	40
Figura 18 Tina de inicio con tratamiento hidrotérmico	40
Figura 19 Encanastillado y colocación de sensores en jabas	41
Figura 20 Equipo y colocación de canastas en tratamiento	42
Figura 21 Retiro del encanastillado	42

Figura 22 Hidro-enfriado del cítrico	43
Figura 23 Pesado del fruto	43
Figura 24 Colorimetría en fruto	44
Figura 25 Medición de textura.....	44
Figura 26 Medición de °Brix.....	44
Figura 27 Medición del Ph.....	45
Figura 28 Pesado de jugo de 1.0 gr.....	45
Figura 29 Adición de agua destilada a 50 ml.....	46
Figura 30 Adición de fenoftaleina (3 gotas)	46
Figura 31 Medición de acidez con matraz aforado.....	47
Figura 32 Titulación concreta en el desarrollo de c/tratamiento.....	47
Figura 33 Medición de color en jugo.....	48

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de las naranjas por cada 100 g de porción comestible. Fuente: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Organización Panamericana de la salud (OPS) 2012.....	21
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la naranja (SAGARPA, 2004).....	22
Tabla 3. Producción mundial de cítricos (cítricos.com)	26
Tabla 4. Estadísticos de las propiedades físico químicas en análisis previo	49
Tabla 5. Estadísticos de las propiedades físico químicas en análisis post tratamiento.....	53
Tabla 6. Tabla de ANOVA para un Diseño Completamente al Azar.....	58
Tabla 7. Comparación de los cuatro tiempos en tratamiento hidrotérmico para la variable Pérdida de Peso	58
Tabla 8. Análisis de Varianza para la variable Pérdida de Peso.....	59
Tabla 9. Comparación de los cuatro tiempos en tratamiento hidrotérmico para la variable Color de Cascara.	60
Tabla 10. Análisis de Varianza para la variable Color de Cascara.....	60
Tabla 11. Comparación de los cuatro tiempos en tratamiento hidrotérmico para la variable Firmeza de Cascara	61
Tabla 12. Análisis de Varianza para la variable Firmeza de Cascara.....	61
Tabla 13. Comparación de los cuatro tiempos en tratamiento hidrotérmico para la variable Color de Jugo	62
Tabla 14. Análisis de Varianza para la variable Color de Jugo.....	62
Tabla 15. Comparación de los cuatro tiempos en tratamiento hidrotérmico para la variable PH	63
Tabla 16. Análisis de Varianza para la variable PH	63
Tabla 17. Comparación de los cuatro tiempos en tratamiento hidrotérmico para la variable ° BRIX	64

Tabla 18. Análisis de Varianza para la variable ° BRIX	64
Tabla 19. Comparación de los cuatro tiempos en tratamiento hidrotérmico para la variable Acidez	64
Tabla 20. Análisis de Varianza para la variable Acidez	65

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por guiarme por el camino correcto para poder llegar hasta este momento.

Al personal docente y administrativo del Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca por brindar sus servicios en el posgrado de la Maestría de Ingeniería Industrial.

A mi director de tesis, Dr. Daniel Angeles Herrera por su comprensión en todo momento para guiarme durante el proceso del posgrado.

A mis sinodales, Dra. María Leonor Méndez Hernández y la Dra. Lidilia Cruz Rivero por sus excelentes atenciones.

A mi codirector de tesis M.C. Pascual Hernández Bautista, por sus nobles atenciones prestadas para trabajar en este proceso.

Al personal de apoyo del laboratorio de Tecnologías de Alimentos del Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache, por el servicio brindado para la realización de los análisis.

RESUMEN

Este trabajo, estudió las propiedades fisicoquímicas de la naranja valencia tardía, para comprobar la efectividad del tratamiento hidrotérmico aplicado a los frutos antes mencionados y controlar la infestación provocada por la *anastrepha ludens*.

En un análisis previo se comprobó la diferencia existente entre las propiedades fisicoquímicas de los frutos contaminados y no contaminados por la *anastrepha ludens*, mediante pruebas de hipótesis, con un nivel de significancia del 95%. En un segundo análisis que se realizó, se compararon frutos testigo, es decir sin tratamiento hidrotérmico contra frutos que se les aplicó el tratamiento, comprobando que no existe diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas entre los frutos con tratamiento y los frutos sin tratamiento. Finalmente, para probar la eficiencia del tratamiento hidrotérmico, se realizaron Análisis de Varianza en un diseño Completamente al Azar de un solo factor, y se comprobó que en cada una de las propiedades fisicoquímicas no se ve afectada, por aplicar el tratamiento hidrotérmico a diferentes tiempos.

INTRODUCCION

El desarrollo de la ingeniería, la generación de tecnologías, los nuevos estándares de calidad y los exigentes cambios del entorno, implica una rápida adaptación y con ello se logra la competitividad, investigación, desarrollo e innovación en técnica de almacenamiento de productos hortícolas frescos para prolongar su frescor antes de procesarlos o comercializarlos.

A nivel mundial se observa una tendencia mayor en el consumo de frutas cítricas en fresco esto indica la importancia de conservar las características de frescura en las frutas en toda la cadena de suministros. Durante su proceso de maduración, los frutos llevan a cabo reacciones bioquímicas que alteran su composición. Dichas reacciones van acompañadas de cambios fisiológicos tales como cambios en la textura, desarrollo de color, olor y sabor, que hacen atractivo al fruto para su consumo. Aunque unas de las problemáticas de la comercialización de los cítricos en forma fresca es que se pueden propagar plagas de insectos endémicos de los países de origen a los países importadores. Por tal motivo es de importancia estudiar el impacto en la calidad de los frutos cítricos, al aplicar tratamientos cuarentenarios no químicos para el control de plagas y enfermedades (Rojas-Argudo et al., 2007). Cabe mencionar que las atmósferas con alto CO₂ y baja O₂ mantiene la calidad de los pimientos durante el almacenamiento. Las inmersiones en agua caliente son técnicas que se han utilizado con éxito para prevenir pudrición en diversos frutos. Se han reportado efectos beneficiosos en diferentes cultivos hortícolas sumergidos en agua caliente antes del almacenamiento (Lurie, 1998). Los tratamientos térmicos poscosecha no son procedimientos físicos contaminantes.

La fruta infestada muestra pequeñas perforaciones como señales de ovoposición, (Figura 2) pero este u otros síntomas de daño son difíciles de detectar en los estados tempranos de la infestación; el daño ocurre dentro de la fruta antes de que se observen síntomas externos como pudriciones (Weems et al., 2001). La mosca de la fruta (Figura 1) una vez que sus alas se despliegan, su cuerpo se expanda, seque y endurezca podrá desplazarse volando en busca de los recursos básicos necesarios para reproducirse como: nutrientes, pareja y hospederos donde realizar la oviposición para asegurar que sus larvas consigan alimento (Diaz-Fleischer, *et al.*, 2015), la mosca de la fruta perciben parte de su entorno por medio de sustancias químicas volátiles y no volátiles, estas sustancias químicas actúan como señales o pistas para localización de recursos.



Anastrepha Ludens

Figura 1 Mosca mexicana de la fruta (SENASICA)



Figura 2 Oviposición de Anastrepha Ludens

Finalmente, el objetivo del trabajo es generar información científica de los síntomas físicoquímicos y bioquímicos de infestación de *Anastrepha ludens* en naranjas valencianas tardías mediante la oviposición forzada para proponer un método de detección temprana de las frutas infestadas.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Lugar de estudio

Las frutas de naranja valencia tardía se obtuvieron de un huerto del ejido Tierra Blanca, del Municipio Álamo Temapache Veracruz, las cuales fueron seleccionadas en base a su tamaño, color, apariencia física, etc., y se eliminaron aquellas que presentaron algún daño.

Las frutas fueron lavadas con hipoclorito de sodio al 1% y posteriormente se trasladaron a la Unidad de Desarrollo e Investigación en Alimentos (UNIDA), del Instituto Tecnológico de Veracruz. En donde recibieron el tratamiento hidrotérmico.

Posteriormente las frutas fueron trasladadas al laboratorio de Tecnologías de Alimentos del Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache, en donde se realizaron las pruebas físico químicas de las frutas utilizadas en esta investigación.

1.2 Planteamiento del Problema

¿El tratamiento hidrotérmico podrá solucionar los problemas de comercialización sin afectar las variables de estudio (propiedades físico químicas del fruto) ?; ya que una de las problemáticas de la comercialización de los cítricos en forma fresca es que se pueden propagar plagas de insectos endémicos de los países de origen a los países importadores. La Mosca de la fruta (*Anastrepha ludens*) es un ejemplo de una plaga que se disemina fácilmente durante la comercialización de los cítricos. Los frutos atacados pueden mostrar signos de perforaciones debido a la ovoposición, pero estas, o cualquier otro síntoma de daño, a menudo son difíciles de detectar en las primeras etapas de la infección. Muchos daños se pueden producir dentro de la fruta antes de que los síntomas externos se vean, como las galerías acompañadas por podredumbre. La aplicación de ozono a concentraciones relativamente bajas y tiempos cortos de contacto, permite la inactivación de microorganismos, garantiza la calidad del producto agrícola e incrementa su resistencia al deterioro.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Aplicar el tratamiento hidrotérmico y evaluar su eficacia en el control de *Anastrepha ludens*, con este tratamiento se incrementará la producción y calidad de la fruta, además de romper las barreras fitosanitarias alcanzando con ello mercados internacionales que favorecerán la economía de la región de Álamo Temapache Veracruz.

1.3.2 Específicos

- Realizar el tratamiento hidrotérmico al producto a una temperatura de 46.1° C en un rango de tiempo.
- Realizar el análisis fisicoquímico de la naranja valencia tardía, para evaluar la aptitud el producto para su exportación.
- Determinar la eficiencia del tratamiento hidrotérmico para comprobar la eliminación de la larva.

1.4 Justificación

Las moscas de la fruta (*Tephritidae: Diptera*) son una de las plagas que más han afectado a la fruticultura en México (Valencia-Botín, 2000). Se han reportado pérdidas de hasta 10% en cítricos y 30% en mango (Barrios, 1969; Anónimo, 1982; Aluja, 1994). De las 4 000 especies de *Tephritidae* reportadas a nivel mundial, en México se han registrado alrededor de cien especies, 29 de ellas corresponden a moscas de la fruta del género *Anastrepha*, de las cuales *A. oblicua*, *A. serpentina*, *A. striata* y *A. ludens* presentan mayor importancia económica debido a su amplia distribución, incidencia y por el rango de hospedantes que afectan (Barrios, 1969; Valencia-Botín, 2000).

Anastrepha ludens es una especie polífaga, aunque tiene una muy marcada preferencia por cítricos, especialmente naranja y toronja (Korytkowski. 2011). Los adultos pueden tener una vida larga, sobre los 11 meses, y altamente fecunda, alrededor de 1500 huevos o más (Steck. 1998). Las condiciones climáticas apropiadas para *A. ludens* incluyen una amplia gama de temperaturas, sin

embargo, los periodos prolongados de temperaturas muy bajas o muy altas, resultarán en la mortalidad de todas las etapas de la mosca. (Sequeira, Millar y Bartels. 2001).

Los huevos son puestos debajo de la cascara de la fruta hospedera (y probablemente adyacente a la nuez o semillas ya que esta especie tiene un ovipositor largo) (CABI y EPPO, s.f.). Los huevos se ponen generalmente en grupos de 10 (Weems y Steck. 2001) Los huevos eclosionan de 6 -12 días y la larva se alimenta por otros 15 – 32 días a 25° C (CABI y EPPO, s.f.). Cuando prevalecen temperaturas altas el desarrollo larval es más rápido, y como regla general, cuanto menor sea el período de maduración de la fruta más rápido es el desarrollo de la larva (Weems y Steck. 2001). La pupación ocurre bajo el suelo de la planta hospedera y los adultos emergen después de 15–19 días (en condiciones de baja temperatura); los adultos se desarrollan durante todo el año. (CABI y EPPO, s.f.)

1.5 Hipótesis de trabajo

El tratamiento hidrotérmico es un método eficaz para destruir huevos de *Anastrepha ludens* sin afectar negativamente la calidad pos cosecha, ni la vida útil de la naranja valencia tardía.

1.6 Alcances y limitaciones

1.6.1 Alcances

1. El presente estudio aplicara el tratamiento hidrotérmico y evaluara su eficacia en el control de *Anastrepha ludens*.
2. La investigación contempla incrementar la producción y calidad de la fruta.
3. Con los resultados del proyecto se pretenden romper las barras fitosanitarias alcanzado con ello mercados internacionales que favorecerán la economía de la región

1.6.2 Limitaciones del tratamiento hidrotérmico

- El equipo para aplicar el tratamiento hidrotérmico no se encuentra en la región y el costo de la experimentación es elevado
- La fruta a la que se le aplicó el tratamiento es de temporada, por lo cual el tiempo de experimentación es limitado

1.7 Estado del Arte

Desde tiempos pasados, el calor ha tenido variedad de usos, el que nos interesa estudiar relacionándolo a la preservación de alimentos. El calor para este tipo de aplicación puede ser generado por varias formas: combustión, resistencias eléctricas, reacciones químicas y por exposición a campos electromagnéticos.

Bajo esta directriz el calor es usado para los requerimientos de los métodos del control de plagas a productos o mercancías que van a ser almacenados y luego servirán para consumo humano. La forma en que se aplica un tratamiento afecta tanto al producto como a la plaga que se quiere controlar, por lo tanto, el éxito del método empleado se verificará en la no presencia de insectos ni larvas y en el inexistente daño causado al producto.

Los tratamientos pos cosecha, según la historia de la humanidad son aplicados recientemente y por ende aún están en desarrollo. Antiguamente el almacenar productos conllevaba a la presencia de algunas plagas, pero era tolerado. Sin embargo, fueron dos los eventos que obligaron a mejorar y desarrollar apresuradamente el cuidado de los alimentos luego de ser cosechados.

La primera situación es relativa a la ubicación y temporada de ciertas plagas, su biología y distribución geográfica era bastante definida. Sin embargo, con el incremento de los viajes de personas, los movimientos migratorios y principalmente con el incremento de las exploraciones comerciales, las larvas e insectos podían ser transportados a nuevas áreas. Estas nuevas zonas con condiciones climáticas para su desarrollo fueron el inicio de la proliferación de plagas fuera de su zona normal. Resultado de esta preocupación se tomó una serie de medidas en cuanto a los procedimientos y regulaciones pertinentes para mantener en cuarentena los productos exportados e importados.

El segundo evento que llevó al desarrollo de los métodos de preservación pos cosecha fue evitar el daño económico que causaba a los distribuidores mantener almacenadas mercancías que fueran afectadas por alguna plaga. Gracias al avance tecnológico en la agricultura y a la mejor ganancia que representa un producto colocado en supermercados, emergió un interés global en mantener estos productos habilitados para su consumo.

Los tratamientos térmicos pos cosecha pueden modificar las respuestas de los frutos al estrés por frío, inducir el fenómeno de tolerancia cruzada y mantener su calidad durante el almacenamiento (Lurie y Pedreschi, 2014). Una vez aplicados, éstos alteran la expresión génica,

lo cual demora, interrumpe o promueve la maduración del fruto, afectando la textura, el sabor, la tasa de respiración y la producción de etileno y compuestos volátiles.

El tratamiento con calor en frutos, como una forma de estrés térmico, puede ocasionar una respuesta encaminada a contrarrestar los posibles daños que se pueden presentar en el fruto. En el caso del mango, durante el proceso de maduración de los frutos cosechados en su estado verde-maduro, la piel desarrolla pigmentos amarillos o rojos. Cuando se aplica un tratamiento térmico, se ha reportado que se acelera la coloración amarilla de la piel del fruto y en algunos casos, mejora la uniformidad de desarrollo de color. Los tratamientos hidrotérmicos han tenido reportes positivos en el control de PC en banano en diferentes condiciones (López-Cabrera y Marrero-Domínguez, 1998). Los efectos beneficiosos del tratamiento pos cosecha con altas temperaturas pueden atribuirse al desarrollo de medios por parte de los tejidos para controlar los desórdenes pos cosecha. Zambrano y Materano (1999), reportaron que el tratamiento con calor a temperaturas entre 38 y 46 °C aumenta la tolerancia al daño por el frío y redujo la podredumbre de los frutos de mango. Lurie, S. and J. Klein. 1991, señalaron que la exposición de los tejidos de las plantas a un estrés puede proteger la planta de otro estrés.

Los tratamientos de acondicionamiento previo a altas temperaturas, son tratamientos físicos no contaminantes. Cuando son aplicados en forma inapropiada, pueden tener efectos adversos en la calidad de los frutos de mango que se manifiestan como alteraciones en la actividad enzimática, aumento en la velocidad de la respiración, hundimiento de la pulpa en la zona peduncular y otros efectos no deseables en parámetros físicos, químicos y sensoriales (Báez et al., 2001). El departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA) tiene como condición para los exportadores de mango que deseen enviar su producto a ese país utilizar un tratamiento hidrotérmico a 46,1 °C por 90 minutos para el combate de antracnosis y mosca de la fruta. La duración del tratamiento depende del cultivar y peso del fruto, ya que estudios sobre transferencia de calor indican que todos los frutos cuyos rangos oscilan entre 480 y 700 g alcanzan la temperatura letal interna de 42,2 °C en menos de 80 minutos de tratamiento a 46,1 °C (Avena-Bustillos, 1997).

De acuerdo a los resultados reportados por Báez et al. (2001) en frutos de mangos, por Seok-In et al. (2007) en mandarina satsuma (*Citrus unshiu* Marc., cv. Gungchun), por Saucedo-Veloz (2000) en aguacate (*Persea americana* Mill.), por Lunardi et al. (2002) en manzana (*Malus*

domestica Borkh.) y por Báez et al. (2002) en frutos de melón, la aplicación del tratamiento hidrotérmico no tiene efectos perjudiciales en la calidad sensorial de los frutos, sin embargo, el uso de agua caliente tiene la desventaja de reducir su potencial de almacenamiento.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Mosca de la fruta: Los grandes enemigos de la fruticultura, como la mosca (*Anastrepha Ludens*), extendida en las plantaciones de todo el mundo, y varias especies del género *Anastrepha* en Centroamérica, pues casi todos los países productores son atacados por una o más especies de moscas de la fruta.

Las plagas, larvas e insecto en general afectan al almacenamiento, la venta y comercio de los productos alimenticios ya que los dejan inhabilitados para el consumo humano. Su presencia en cualquier cosecha representa:

- Una pérdida de tiempo ya que se trabaja en vano en su cultivo.
- Una pérdida económica porque esos alimentos no son vendidos y deben ser desechados con el formalismo de un residuo sólido.
- Son vectores de posibles problemas ambientales y de salud.

Aunque la fumigación y la aplicación de insecticidas en el pre cosecha es el método más común tiene sus desventajas. Ante esta situación se vuelve obligatorio poner en práctica métodos de control de plagas innovadores. Por eso se ha venido desarrollando a lo largo de estas décadas tratamiento con calor para productos pos cosecha con el fin de atacar biológicamente a las posibles infestaciones que lleven los alimentos.

Los métodos de tratamientos térmicos usando agua caliente, vapor, microondas, aire caliente forzado y radiofrecuencia vienen siendo investigados extensivamente como alternativa a la fumigación de cultivos en los cuales se usan pesticidas. El proceso del tratamiento hidrotérmico de los frutos, es un proceso cuarentenario que tiene como objetivo eliminar la larva de la Mosca de la Fruta. Este proceso consiste en sumergir el fruto en agua caliente a una temperatura predeterminada (Set Point), durante un periodo de tiempo establecido según el peso, calibre y tipo de fruto, la temperatura a la que será sometida la fruta, deberá ser controlada y registrada.

2.2 Agronomía de Naranja

La naranja es considerada como una fruta de suma importancia para la fruticultura nacional, por los volúmenes demandados tanto en fresco por los consumidores finales como los que realiza la industria procesadora. Es la fruta que más se produce en el mundo y la de mayor consumo per cápita. El artículo (EARTH 2004) nos dice que la naranja Proviene del sureste de Asia (en la región hoy conocida como China); y permanece al género Citrus de la familia de las Rutáceas (*Rutaceae*). De entre los diferentes tipos de naranja, las variedades de naranja dulce (Figura 3) son las más importantes a nivel comercial. Para este proyecto nos enfocamos en la naranjas valencia, la cual es la variedad de naranjas más tardía de la temporada, como su propio nombre indica. Su nombre completo es naranja Valencia Late (“late” significa tarde en inglés).



Figura 3 Naranja dulce (citrus sinensis)

La naranja es consumida principalmente en forma de jugo. Su valor nutritivo más relevante es el contenido de vitamina C que puede llegar hasta los 82 mg por cada 100 g de porción comestible (ver tabla 1) (Financiera Nacional de Desarrollo, 2010). Además, el jugo de naranja contiene otros nutrientes como la fibra soluble, el ácido fólico y los carotenoides (Moreiras et al., 2009; INCAP- OPS, 2012). Conjuntamente dentro de su composición se encuentran ácidos orgánicos, principalmente el ácido málico y el ácido cítrico; su contenido de lípidos es reducido y no contiene colesterol (Financiera Nacional de Desarrollo, 2010).

Tabla 1. Composición de las naranjas por cada 100 g de porción comestible. Fuente: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Organización Panamericana de la salud (OPS) 2012

Composición
Agua (%) 86.75
Energía (kcal) 47
Proteína (g) 0.94
Grasa total (g) 0.12
Colesterol (mg) 0
Carbohidratos (g) 11.75
Fibra dietaria total (g) 2.40
Calcio (mg) 40
Fosforo (mg) 14
Vitamina C (mg) 53
Potasio (mg) 181
Sodio (mg) 0
Vitamina B 6 (mg) 0.06
Fracción comestible (%) 0.73

2.2.1 Origen de la naranja

La naranja se originó hace 20 millones de años en el sudeste asiático (en la región hoy conocida como China); la dispersión de este fruto desde su lugar de origen hacia otras partes del mundo se debió fundamentalmente a los grandes movimientos migratorios como las conquistas, guerras, descubrimientos de nuevos continentes, entre otros (Infoagro, 2005). Desde entonces hasta ahora han sufrido numerosas modificaciones debidas a la selección natural y a hibridaciones tanto naturales como producidas por el hombre. Mutaciones espontáneas han dado origen a numerosas variedades de naranjas que actualmente conocemos.

2.2.2 Taxonomía y morfología

El nombre botánico de la naranja se deriva del vocablo griego-latino, "Citrus" que significa limón y "Sinensis" que en latín significa proveniente de china (SAGARPA, 2004). Taxonómicamente este fruto presenta la siguiente clasificación (ver tabla 2):

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la naranja (SAGARPA, 2004)

Reino	Plantae
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Rosidea</i>
Orden	<i>Sapindales</i>
Familia	<i>Rutaceae</i>
Genero	<i>Citrus</i>
Especie	<i>Citrus sinensis</i>

El naranjo es un árbol leñoso (Rieger M, 2006). Se trata de un árbol de hoja perenne cuyo ciclo de cultivo es anual. En los climas templados, éste queda condicionado por la temperatura ya que se produce el fenómeno conocido como período de latencia, cesando su crecimiento vegetativo, aunque no su actividad fisiológica (Agustí, 2010). Posee un porte reducido que oscila entre los 6 y 10 metros. Sus ramas son poco vigorosas y se caracteriza por tener un tronco corto. Sus hojas son de limbo grande, alas pequeñas y espinas no muy acusadas. Las flores, blancas y aromáticas, se pueden encontrar solas o bien agrupadas y además con o sin hojas. Los brotes con hojas (campaneros) son los que mayor cuajado y mejores frutos dan (Rieger M, 2006).

2.2.3 La naranja "Citrus Sinensis" variedad Valencia

La naranja es un fruto cítrico que pertenece a la familia *Rutaceae* que tiene su origen en los trópicos y subtropicos del este asiático y el archipiélago Indomalayo. Actualmente se cultivan en todas las regiones del mundo en donde el clima no es severo durante el invierno y existan condiciones de suelo favorables (Ladaniya, 2010).

2.2.4 Características morfológicas del fruto

La naranja es una baya, denominada hesperidio. Morfológicamente el fruto se dividen en tres partes (Figura 4): el exocarpo (flavedo), la porción externa de la cáscara delgada no amarga, en ella se encuentran los carotenoides y las glándulas oleosas; el mesocarpo (albedo) que se localiza inmediatamente debajo del epicarpio, es una capa blanca esponjosa rica en sustancias pécticas y hemicelulosas; y por último se encuentra el endocarpo, que es la parte comestible, se encuentra constituida por segmentos o gajos, dentro de los cuales se encuentran las vesículas que son estructuras alargadas que nacen del endocarpo y se alargan al interior del fruto y en ellas se contiene el jugo y las semillas (Ting Attaway, 1971).

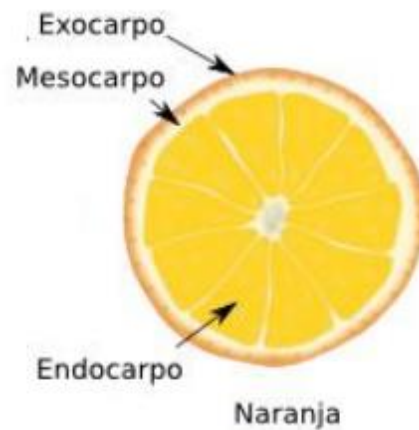


Figura 4 Morfología de la naranja

Fuente: www.asturnatura.com.

2.2.5 Variedades

Las variedades de naranja por su período de maduración se clasifican en: Temprana, Media estación y Tardía. En México, predomina esencialmente la producción de la variedad Valencia (maduración tardía) y en una menor medida otras como la Navel, Parson y Brown. En Estados Unidos la que se localiza con mayor frecuencia en los mercados es la Navel, seguida por la Valencia.

Álamo es el municipio de mayor importancia por superficie y volumen de producción de naranja, incluso a nivel nacional. La variedad de naranja que más se ha extendido en esta zona es la valencia tardía cubriendo un 95 % de la superficie dedicada a la producción de naranja de la zona, aunque existe un poco de naranja temprana, ubicada en los municipios de álamo y Tuxpan.

2.2.6 Variedades de importancia económica en el estado de Veracruz

Las variedades que más predominan en la parte norte de Veracruz son:

Naranjas de maduración temprana.

- ✓ Marrs: las naranjas marrs es una de las más tempranas en madurar, lo que ocurre entre septiembre y octubre, el fruto de esta variedad es de tamaño medio a grande (7.4 cm en promedio de diámetro ecuatorial), tiene un número de semillas de 2-8, tiene una baja acidez de 1.75-1.98, alcanza el índice de madurez de forma temprana, pero suele tener un sabor insípido, pero este mejora en forma rápida debido a tener de 8.0-8.8 de ° Brix, el contenido de jugo es superior a 417 ml por kilogramo de fruta.
- ✓ Hamlin: se agrupa entre las naranjas precoces ya que su período de cosecha ocurre desde septiembre hasta diciembre, el fruto de esta variedad es redondo o ligeramente achatado con medidas de 6.7x6.4 cm en su diámetro ecuatorial y polar, su tamaño es de mediano a pequeño, con un número de semillas de 4-8, su cascara es lisa, delgada, de color naranja pálido y de calidad satisfactoria, su porcentaje de acidez va de 0.77-1.0 respectivamente, y con un valor de °Brix de 10.5-12. (Fernandez, 2003)

Naranjas de maduración tardía

- ✓ Valencia. Esta variedad es la que más predomina en la región, su fruto es de tamaño medio, esférico o ligeramente achatado, con pocas semillas, con buena maduración, abundante jugo de buen sabor, pero comúnmente algo ácido, si se le aplica un riego reverdece. El fruto que ya está maduro, por sus características es excelente para procesamiento. Es alternante en su producción se cosecha de febrero a junio.

Mandarinas.

- ✓ Tangerina Dancy. Esta variedad produce frutos que se pelan fácilmente siendo este uno de los factores que la hacen apetecible para el consumo, su fruto es pequeño y muy dulce. La cosecha debe de hacerse con tijeras, la fruta no resiste el transporte siendo su periodo de cosecha muy corto de noviembre a diciembre, después del cual la cáscara sigue creciendo y se despega de la pulpa, sirviendo entonces para la industrialización.

Toronjas.

- ✓ Marrs. Variedad de pulpa blanca, con fruto de tamaño medio achatado o esférico con pocas semillas de color amarillo claro, al madurar su cáscara es lisa, resiste al transporte y almacenamiento. Su periodo de cosecha es de noviembre a mayo.
- ✓ Redblush. Es una variedad de pulpa roja con fruto de tamaño medio, achatado o esférico con pocas o ninguna semilla la coloración roja de la pulpa tiende a perderse conforme avanza su maduración, su periodo de cosecha comprende de los meses de noviembre a mayo.

2.2.7 Temporada de naranja

De acuerdo a (REPORTE ESPECIAL NARANJA 2009) existen tres temporadas de naranja las cuales son:

- ✓ Variedades tempranas En climas cálidos, maduran entre fines del verano y mediados de otoño. En climas templados, maduran en otoño.
- ✓ Variedades intermedias En climas cálidos, maduran entre fines de otoño y mediados de invierno. En climas templados maduran en invierno.
- ✓ Variedades tardías En climas cálidos, maduran entre fines de invierno y mediados de primavera. En climas templados maduran en primavera.

2.2.8 Producción de cítricos

De acuerdo a cítricos.com estos son los países productores de cítricos más grandes del mundo para 2019 por toneladas métricas (ver tabla 3). La mayoría de estas frutas se consumen localmente dentro del país de producción, pero algunas se exportan a mercados internacionales (Figura 5).

Tabla 3. Producción mundial de cítricos (cítricos.com)

Los principales países productores de cítricos del mundo (2019)		
Lugar de ocupación	País	Toneladas
1°	Brasil	20.682.309
2°	China	19.517.100
3°	Estados Unidos	10.017.000
4°	México	6.851.000
5°	India	6.286.000
6°	España	5.703.600
7°	Irán	3.739.000
8°	Italia	3.579.782
9°	Nigeria	3.325.000
10°	Turquía	3.102.414

El país cuenta con un total de 6.851.000 toneladas de cítricos. El desglose es el siguiente. La producción de toronja es de 390.000 toneladas, los limones y limas se encuentran en 1.880.000 toneladas, las naranjas en 4.160.000 toneladas, 355.000 toneladas de mandarinas, 66.000 toneladas de cítricos no especificados. México es el único proveedor extranjero importante de cítricos para el mercado de Estados Unidos. La mayor parte de la producción de cítricos en México se destina al mercado local, pero el estado de Nuevo León está diseñado para satisfacer la demanda de exportaciones de cítricos frescos. Las principales áreas de producción se encuentran dispersas en varios estados. El gobierno de México hace todo lo posible para evitar la interferencia en la producción de cítricos, en comparación con otros alimentos. El principal desafío que afecta a la producción de cítricos son los cambios en el clima

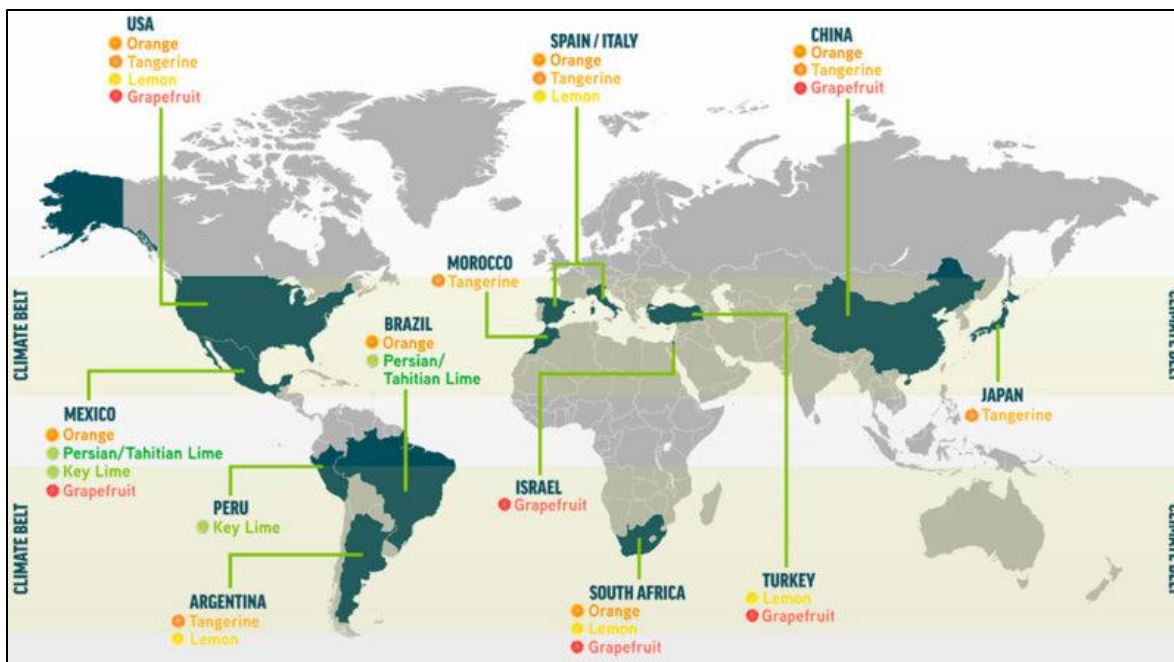


Figura. 5 Países productores de cítricos

2.3 Mosca de la fruta

Las larvas son el principal causante de daño a las frutas (Figura 6), éstas se alimentan del mesocarpio del fruto, produciendo una serie de galerías en la pulpa del fruto que al oxidarse producen la proliferación de bacterias y otros microorganismos que pudren la fruta, creando zonas necróticas, fibrosas y endurecidas de color café oscuro o negro, lo que limita su comercialización en los mercados nacionales e internacionales (SAGARPA 2013).



Figura 6 Daño en fruta por Anastrepha

2.3.1 Importancia del Género Anastrepha

- ✓ Se han descrito 216 especies, clasificadas en 18 grupos, de acuerdo a características morfológicas y taxonómicas (Figura 7).
- ✓ En México se encuentran 37 spp., solo cuatro son de importancia económica: *Anastrepha ludens* (Loew), *A. obliqua* (Macquart), *A. striata* Schiner y *A. serpentina* (Wiedemann).
- ✓ Sus frutos hospedantes sobrepasan los 90, de los cuales 30 especies crecen en huertos comerciales y más de 60 en huertos de traspatio.
- ✓ Ocasionan pérdidas de hasta el 25% de la producción nacional.

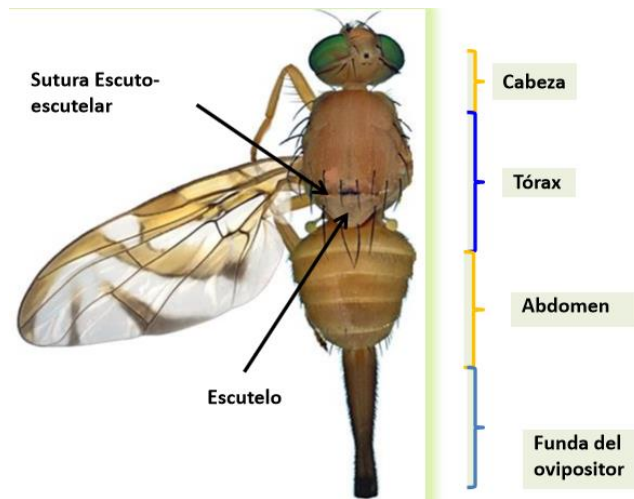


Figura 7 Anastrepha tamaño adulto

La mosca de la fruta, es un insecto holometábolo (se refiere al proceso en el cual un insecto pasa en su desarrollo por una metamorfosis completa de cuatro estados: huevo, larva, pupa y adulto) originario de África (SAGARPA 2013). La actividad de *Anastrepha* aumenta en primavera llegando a máximos de actividad en verano, pudiendo permanecer inactivas las pupas durante el invierno si las condiciones climatológicas no le son favorables.

Son de importancia económica por su incidencia, severidad y restricciones cuarentenarias para México. Los principales hospedantes preferidos son cítricos, mango, durazno, guayaba, ciruela y zapotes. No obstante, hay una lista de al menos 54 especies, distribuidas en 18 familias de vegetales que son atacadas.

2.3.2 Efecto de los daños al cítrico

Produce un daño directo por el efecto de la picadura de la hembra sobre el fruto, para realizar la ovoposición, que es una vía de entrada de hongos y bacterias que descomponen la pulpa; y a las galerías generadas por las larvas durante su alimentación. Todo esto produce una maduración precoz y caída del fruto, y la consiguiente pérdida de cosecha (Figura 8).



Figura 8 Anastrepha Ludens en naranja

2.3.3 Ciclo Biológico

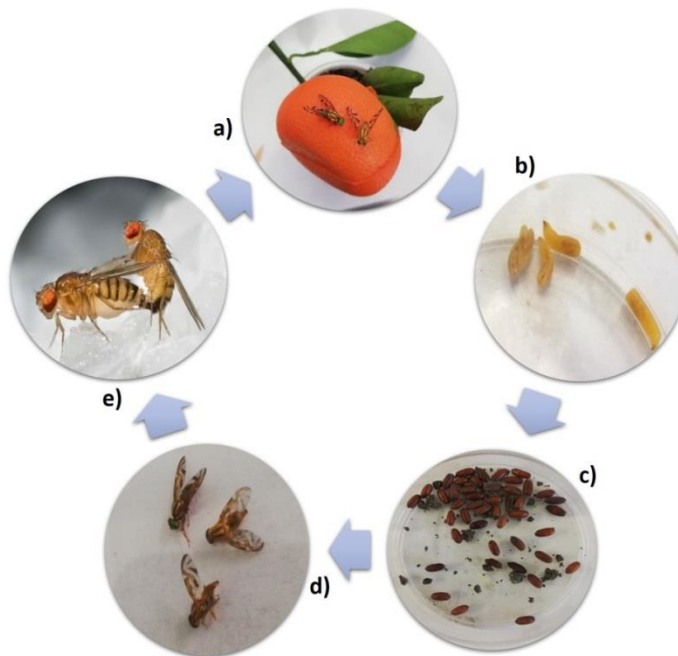


Figura 9 Ciclo biológico Anastrepha Ludens

El ciclo de vida de las moscas de la fruta (Figura 9) se inicia cuando las hembras adultas ovipositan (figura 10) bajo el pericarpio (cascara), el estado de huevo de las moscas de la fruta tiene una duración que está en función de las condiciones ambientales y varía de 2 a 7 días en verano y de 20 a 30 días en invierno, al final de los cuales eclosionan y emergen las larvas (gusanos) las mismas que comienzan a alimentarse del fruto (HERBERTH 2005).



Figura 10 Anastrepha Ludens ovipositando

El estado larval atraviesa por tres estadios, con una duración de 6 a 11 días; dependiendo de las condiciones ambientales, la larva madura del tercer estadio abandona el fruto, esta situación es usualmente coincidente con su caída, la larva al abandonar el fruto, se entierra a 2-3 centímetros de profundidad del suelo y se transforma gradualmente en pupa (Figura 11).



Figura 11 Larva Anastrepha Ludens

El estado de pupa (Figura 12) tiene una duración de 9-15 días, aunque durante el verano y en condiciones de baja temperatura se puede prolongar por meses. Durante esta fase ocurre la transformación gradual en adulto al interior del pupario. Una vez alcanzada la madurez fisiológica,

el adulto emerge del pupario, rompiendo este con el "ptilinum", que es una membrana ubicada en la parte frontal de la cabeza, la misma que se dilata para romper la piel del pupario y permitir la emergencia del adulto. El adulto puede llegar a vivir hasta tres meses bajo condiciones favorables y tener hasta doce generaciones por año (HERBERTH 2005).



Figura 12 Pupa de la mosca Anastrepha L.

2.4 Índices de madurez de cosecha

Como bien sabemos los cítricos no continúan madurando después de la cosecha, por lo que no deben recolectarse verdes. Es muy importante cosecharlos cuando fisiológicamente ya están maduros, es decir, cuando ya han alcanzado su máximo desarrollo y una buena relación entre la concentración de azúcares y la acidez. Por lo general, un cambio en la coloración de la cáscara puede ser un buen indicador de la madurez, la fruta está madura, cuando el color de la cáscara pasa de verde oscuro a verde claro, amarillento o anaranjado, dependiendo de la variedad, sin embargo, este indicador no es muy confiable cuando las diferencias de temperatura entre el día y la noche no son muy marcadas como en las regiones tropicales en las que por ejemplo, las naranjas no llegan a desarrollar el color anaranjado que las caracteriza. Por otro lado, cuando las diferencias de temperaturas son muy grandes, el cambio de color se presenta antes de que la fruta madure fisiológicamente lo que puede conducir a cosechar frutas completamente coloridas pero inmaduras fisiológicamente (Ciro J. 2007).

2.5 Maduración fisiológica de los frutos

La maduración del fruto es un importante proceso que activa a todo un conjunto de rutas bioquímicas que hacen que éste sea atractivo y deseable para los consumidores. El desarrollo del fruto ocurre en tres etapas: crecimiento, desarrollo y maduración, seguidas por el ablandamiento y la senescencia. (Alba, R; et al., 2005).

2.5.1 El proceso de maduración, cambios bioquímicos y sensoriales

En las etapas finales del crecimiento y el desarrollo (Figura 13), ocurre el proceso de maduración en dos pasos: la madurez fisiológica, es cuando el fruto alcanza su máximo tamaño y el mayor vigor de las semillas; y segundo, la madurez de consumo.

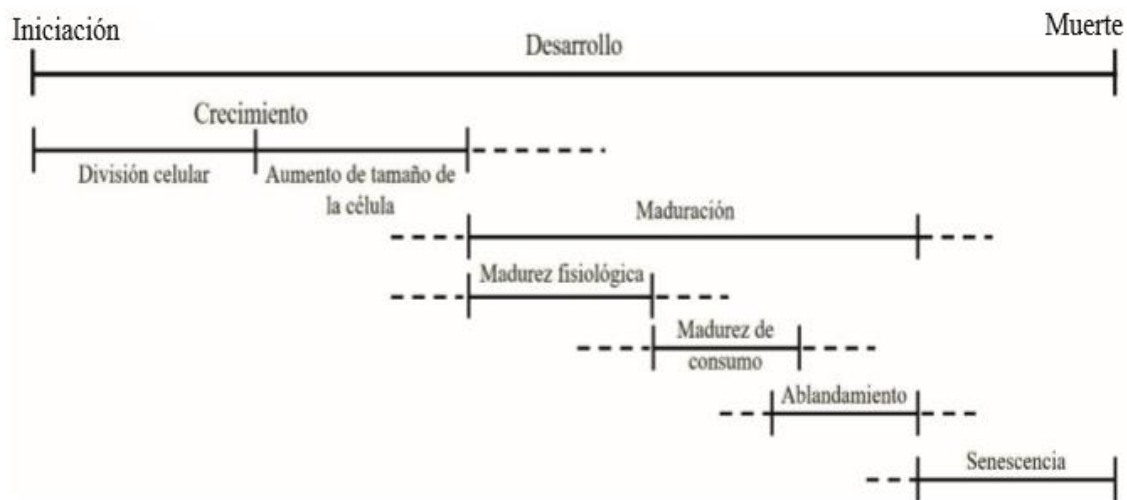


Figura 13 Etapas de formación en fruto y en la senescencia (Watada et al., 1984; Dos Santos et al., 2015).

2.6 Tratamientos de preservación

Entre los tratamientos cuarentenarios, la aplicación del tratamiento hidrotérmico se ha mostrado eficaz para el control contra plagas y patógenos (Armstrong *et al.*, 2007, Fallik, 2004, Lurie *et al.*, 1997, Rondon *et al.*, 2006).

En frutos de mango el tratamiento hidrotérmico ha demostrado ser efectivo. Rondón *et al.* (2006); Saucedo y Mena, (1995); Flores, (1994); Avilán y Rengifo, (1990), reportaron que el uso de tratamientos con calor controla la antracnosis causada por el hongo *C. gloeosporioide*.

Si fruta fuera empacada inmediatamente o si necesita ser empacado después, e incluso para la fruta que debe tomar 12 horas para revisar que no haya sufrido daño por calor.

El tiempo de hidrogenfriado debe ser suficientemente largo para alcanzar la temperatura de 80 a 85 °F (27 a 29.4 °C) en el centro de la pulpa (esto dependerá del peso de la fruta, pero será cerca de 30 min).

Mantener el agua limpia (asegurar la máxima higiene posible) de hidro-enfriamiento a 70 a 72 °F (21-22.2 °C) con suficiente capacidad de enfriamiento (condensador) para remover el calor de los mangos dado el volumen de la fruta a ser hidrogenfriada.

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Material vegetal

La fruta cítrica (Naranja valencia tardía), fue recolectada de un huerto ubicado en la comunidad de Tierra Blanca Booxter municipio de Álamo, Temapache Veracruz considerado como la capital de la naranja, cuyo fruto cuenta con las características esenciales (Infectada por la mosca de la fruta *Anastrepha Ludens*) para llevar acabo dicho tratamiento.

La fruta fue recolectada manualmente en su madurez fisiológica para asegurar sus mejores características e inmediatamente trasportada al laboratorio para su posterior análisis. La recolección se realizó de diferentes árboles.

3.1.1 Reactivos

Los reactivos utilizados para la titulación son esenciales en el empleó del su proceso de ya que con la sustancia de Hidróxido de Sodio (NaOH) se realiza el procedimiento cuantitativo analítico químico.

Además, se utiliza una sustancia que sirve como indicador (fenolftaleína al 1%).

3.1.2 Materiales

Todos los instrumentos utilizados para la realización del procedo de análisis son muy importantes por lo cual se mencionan y describen brevemente.

1. Colorímetro: es un instrumento que permite medir la absorbancia de una disolución en una frecuencia de luz específica.
2. Penetrómetro (textuometro): Es capaz de medir virtualmente cualquier característica física del producto como dureza, fracturabilidad, adhesividad, resistencia del gel, extensibilidad de alimentos, cosméticos, productos farmacéuticos, geles, adhesivos y otros productos de consumo.
3. Cámaras de refrigeración: es un recinto aislado térmicamente dentro del cual se contiene materia para extraer su energía térmica. Esta extracción de energía se realiza por medio de un sistema de refrigeración. Su principal aplicación es en la conservación de alimentos o productos químicos.

4. Vasos Precipitados: es un recipiente cilíndrico de vidrio borosilicatado fino que se utiliza muy comúnmente en el laboratorio, sobre todo, para preparar o calentar sustancias, medir o traspasar líquidos.
5. Matraz Aforado: es parte del llamado material de vidrio de laboratorio y consiste en un tipo de matraz que se usa como material volumétrico. Se emplea para medir un volumen exacto de líquido con base a la capacidad del propio matraz, que aparece indicada.
6. Balanza Portátil
7. Medidor PH: es un instrumento utilizado para medir la acidez o la alcalinidad de una solución, también llamado de pH. El pH es la unidad de medida que describe el grado de acidez o alcalinidad y es medido en una escala que va de 0 a 14.
8. Micro Pipetas: es un instrumento de laboratorio empleado para succionar y transferir pequeños volúmenes de líquidos y permitir su manejo en las distintas técnicas analíticas.
9. Refractómetro Digital: es un equipo de mano en versión resistente al agua para determinar el de contenido de azúcar en un rango de 0 a 90 % Brix.
10. Texturometro
11. Termómetro Digital: son aquellos que, valiéndose de dispositivos transductores, utilizan luego circuitos electrónicos para convertir en números las pequeñas variaciones de tensión obtenidas, mostrando finalmente la temperatura en un visualizador.
12. Bureta: se utiliza para emitir cantidades variables de líquido con gran exactitud y precisión.
13. Probeta: Vaso de vidrio de forma tubular, con pie, generalmente graduado, que se usa en los laboratorios para medir líquidos o gases.
14. Soporte universal y pinzas: es una pieza del equipamiento de laboratorio donde se sujetan las pinzas de laboratorio, mediante dobles nueces.
15. Frasco Gotero: se utiliza para trasvasar pequeñas cantidades de líquido vertiéndolo gota a gota.
16. Erlenmeyer Pizeta: es un recipiente cilíndrico sellado con tapa rosca, el cual posee un pequeño tubo con una abertura capaz de entregar agua o cualquier líquido que se encuentre contenido en su interior, en pequeñas cantidades.

3.1.3 Diagrama y descripción del proceso hidrotérmico de la naranja

Pasos a seguir para el proceso que se lleva a cabo para aplicar el tratamiento hidrotérmico a las naranjas. (Figura 14)

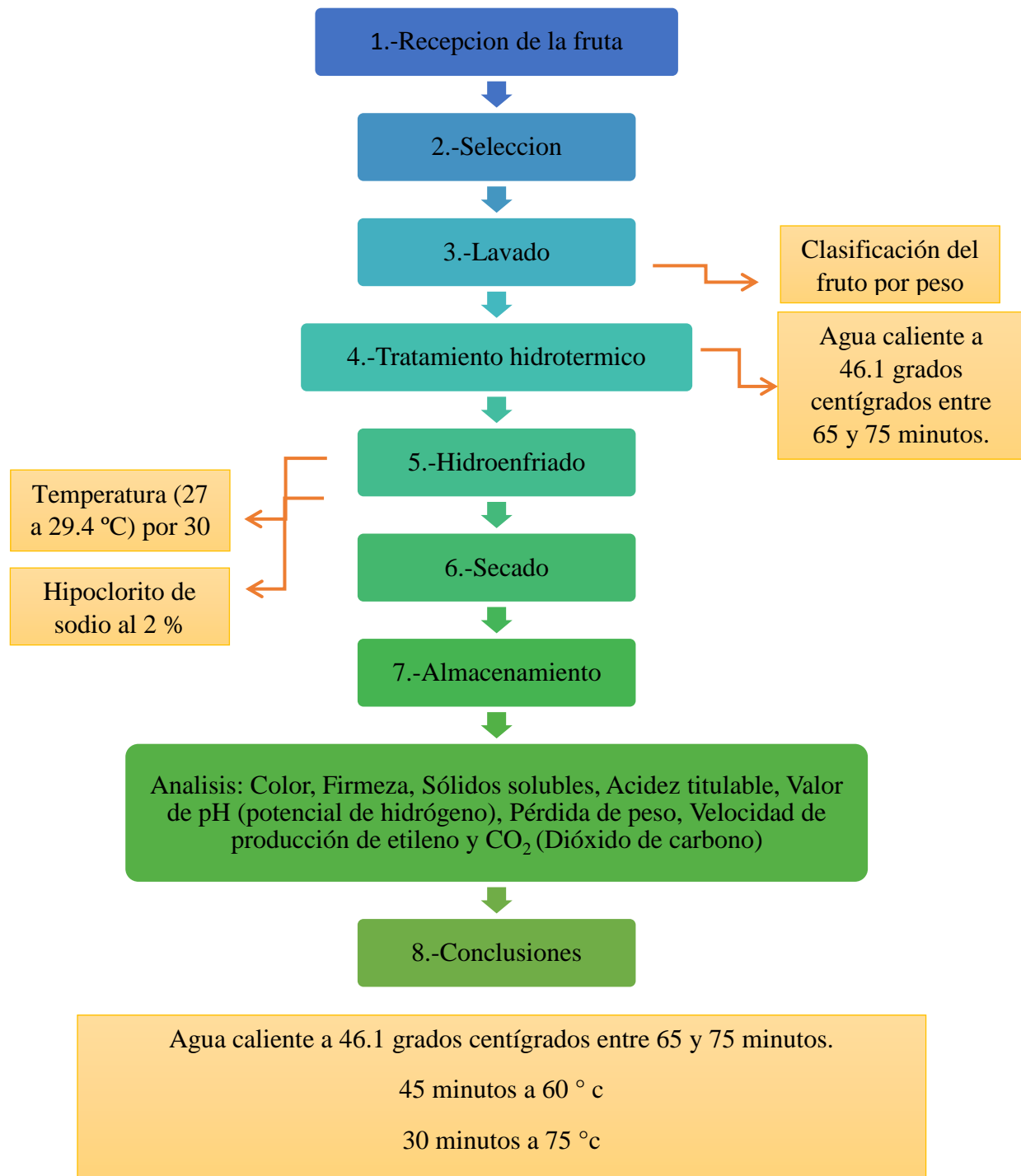


Figura 14 Diagrama de proceso de producción de tratamiento hidrotérmico

3.1.4 Descripción del diagrama de proceso

1. Recepción de la fruta: Se recibió la fruta obtenida
2. Selección: Las naranjas fueron seleccionada en base a su color, tamaño, forma y peso.
3. Lavado: posteriormente fueron lavados manualmente y desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio al 2%, con la finalidad de eliminar las impurezas del campo y reducir el ataque de flora microbiana durante el almacenamiento en frío y maduración.
4. Tratamiento hidrotérmico: ya seleccionado y lavado el fruto fueron expuestos a un tratamiento hidrotérmico. El equipo empleado para el tratamiento hidrotérmico mantuvo las condiciones de temperaturas requeridas. El tratamiento consistió en la inmersión de las naranjas contenidas en rejas de plástico, a una temperatura de 46.1 grados centígrados entre 65 y 75 minutos.
5. Hidroenfriado: la temperatura para este método fue de (27 a 29.4 °C) por 30 minutos.
6. Secado: se secaron los frutos cuidadosamente.
7. Almacenamiento: para ello se utilizó una temperatura medio ambiente.

3.1.5 Determinar los siguientes parámetros

- ✓ **Color:** Se determinará el color de la cáscara y de la pulpa de los frutos utilizando un colorímetro.
- ✓ **Firmeza:** Se analizará la firmeza de cáscara y de la pulpa de los frutos. La medición será en tres diferentes partes del fruto con una punta cónica de 8 mm de diámetro, utilizando un penetrómetro de frutos.
- ✓ **Sólidos solubles.** Se determinará la cantidad de sólidos solubles del jugo mediante un refractómetro. Los resultados obtenidos se reportarán como porcentaje de sólidos solubles a 20°C.
- ✓ **Acidez titulable.** El contenido de acidez se determinará cómo % de ácido cítrico por gramo de jugo de pulpa de los frutos.
- ✓ **Valor de pH (potencial de hidrógeno):** Se realizará por medición directa, empleando un potenciómetro equipado con un electrodo de combinación de vidrio.
- ✓ **Pérdida de peso:** El porcentaje de pérdida de peso se determina por pesada directa de cada uno de los frutos en una balanza electrónica.
- ✓ **Velocidad de producción de etileno y CO₂ (Dióxido de carbono):** La cuantificación se realizará con un cromatógrafo de gases.

CAPÍTULO IV

MARCO OPERATIVO

4.1 Propuesta de tratamientos cuarentenarios.

Existen diversas propuestas de tratamientos cuarentenarios que se pueden aplicar en los cítricos. Derivado de ello, el tratamiento hidrotérmico que se enfatiza en la destrucción de huevos de la llamada *Anastrepha ludens* (mosca de la fruta) sin afectar negativamente la calidad pos cosecha, ni la vida útil de la naranja valencia tardía.

4.2 Análisis del estado actual

En la actualidad el comercio internacional ha tomado mucho auge, la exportación e importación de productos a un nuevo país, exige una serie de requerimientos en base a normas sanitarias con la finalidad evitar la propagación de las plagas lo que ocasiona el cerco sanitario. México es un país en desarrollo que cuenta con normas, nacionales, como internacionales más sin embargo la corrupción y el desvío de recursos han provocado la poca inversión en nuevas tecnologías y programas fitosanitarias que contribuyan en el tratamiento y control de plagas presentes en las frutas, lo que impide su comercialización al mercado internacional en fresco. En la actualidad México cuenta con productos que son exportados a EU, China, etc., sin embargo, estas exportaciones se realizan en jugo concentrado, no en fresco lo que ocasiona que su utilidad sea menor de aquí la necesidad de eliminar las barreras sanitarias para así poder tener mayor libertad de comercio internacional cumpliendo con los requisitos de sanidad y calidad que posicione a México en otro nivel de comercialización. Según el científico Martín Aluja Shuneman, director del Instituto Nacional de Ecología (INECOL). Agregó que solo tres de los diez municipios con la plaga han sido declarados como libres, por el Sistema Nacional de Sanidad e Inocuidad Alimentaria (SENASICA) los cuales son: Tihuatlán, Álamo Temapache y Cazones de Herrera; y que tienen fecha hasta marzo de 2016 serán nuevamente analizadas.

Anastrepha ludens es una de las plagas que afectan severamente la producción de frutas en México y otros países neo tropicales. *Anastrepha ludens* causa daño directo cuando deposita sus huevos en el fruto; una vez que emergen las larvas se alimentan del fruto, causando su caída y la contaminación por patógenos; pérdidas del 10 al 25 % de la producción de mango, guayaba y

cítricos se pueden presentar debido a las actividades de alimentación de *A. ludens*. En suma, los daños directos causan pérdidas en la producción de los frutos e incrementan los costos; por otra parte, los indirectos incluyen las restricciones relacionadas con la exportación y en el mercado doméstico se añaden a la exportación y comercialización interna, la construcción y mantenimiento de las instalaciones para el tratamiento de las frutas y los programas de erradicación (Stibick 2004).

4.2.1 Realización de pruebas en distintas temperaturas

Procedimiento antes del depósito del cítrico en el tratamiento. Como inicio, se realizó la evaluación del tamaño, color y textura de forma visual del cítrico (Figura 15).



Figura 15 Evaluación del cítrico

Se prosiguió a la colocación del cítrico en una cierta cantidad en canastas de forma identificativa (Figura 16).



Figura 16 Colocación de cítricos en canasta

Una vez hecho el proceso de evaluación y colocación del crítico es posteriormente transportado a la realización del tratamiento hidrotérmico que consiste en sumergir las canastas en agua a 120 °F en determinados tiempos (Figuras 17 y 18).



Figura 17 Panel de control y de temperaturas



Figura 18 Tina de inicio con tratamiento hidrotérmico

Las pruebas o ensayos de proceso se realizaron con la cantidad y calidad de agua de un protocolo normal (Figura 19).



Figura 19 Encanastillado y colocación de sensores en jabs

Dentro de las actividades rutinarias para un TH, está el izaje y colocación de la canasta dentro de la tina. Esta maniobra se realiza con las medidas de seguridad correspondientes y a cargo del operador del área (Figura 20).



Figura 20 Equipo y colocación de canastas en tratamiento

Posteriormente después de cada 20 minutos se sacaba una canasta y se le daba un hidrofriamiento con agua a temperatura ambiente (Figura 21 y 22).



Figura 21 Retiro del encanastillado



Figura 22 Hidro-enfriado del cítrico

Una vez realizado todo el procedimiento del tratamiento se prosiguió a realizar cada uno de los análisis correspondientes a cada temperatura (Pérdida de peso, Color de cascara, Textura, °Brix, PH, Acidez y Color del jugo).

Procedimiento para realización de análisis

1.- Colocación en báscula digital para ser pesado el fruto, para obtener el peso de cada fruta obteniendo la pérdida de peso al pasar de los días (Figura 23).



Figura 23 Pesado del fruto

2.- Se utilizó un equipo calibrado denominado colorímetro que es para verificar el color de la cascara del fruto, obteniendo las lecturas (L^* A^* B^*) (Figura 24)



Figura 24 Colorimetría en fruto

3.- Se le realiza una tercera prueba que consiste en medir la textura del fruto (Figura 25).



Figura 25 Medición de textura

4.- Después de haber sido pelado, exprimido y colocado en un vaso precipitado se colocan unas gotas de jugo en el refractómetro para medir el ° Brix (Figura 26)



Figura 26 Medición de °Brix

5.- El jugo colocado en el vaso precipitado se toma y se lleva a realizar la medición del PH (Figura 27)



Figura 27 Medición del Ph

6.- Se realiza el procedimiento de la acidez pesando un gramo de jugo, añadiéndole 50 ml de agua destilada y proporcionándole dos gotas de fenolftaleína, para obtener el gasto (Figuras 28 - 32).



Figura 28 Pesado de jugo de 1.0 gr



Figura 29 Adición de agua destilada a 50 ml



Figura 30 Adición de fenofaleina (3 gotas)



Figura 31 Medición de acidez con matraz aforado



Figura 32 Titulación concreta en el desarrollo de c/tratamiento

7.- Utilizando el mismo equipo de colorimetría se obtienen los valores de ($L^*A^*B^*$) de la obtención de jugo (Figura 33)



Figura 33 Medición de color en jugo

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el laboratorio de tecnologías de alimentos, se llevó a cabo la medición de las propiedades físico – químicas de los frutos sin contaminación por parte de la mosca de la fruta y frutos tirados que presentaban contaminación de la mosca de la fruta, se procedió a registrar las respectivas mediciones y se presentan los resultados (Ver tabla 4)

ANÁLISIS PREVIO

Tabla 4. Estadísticos de las propiedades físico químicas en análisis previo

No.	VARIABLE	FRUTO	Promedio \bar{x}	Desviación estándar σ	Tamaño de la muestra n
1	Pérdida de peso	Cortado	$\bar{x}_1 = 184.83$	$\sigma_1 = 14.52$	$n_1 = 30$
		Tirado	$\bar{x}_2 = 213.17$	$\sigma_2 = 11.43$	$n_2 = 30$
2	Color de cascara	Cortado	$\bar{x}_1 = 4.27$	$\sigma_1 = 0.18$	$n_1 = 90$
		Tirado	$\bar{x}_2 = 4.17$	$\sigma_2 = 0.23$	$n_2 = 90$
3	Firmeza de cascara	Cortado	$\bar{x}_1 = 10.95$	$\sigma_1 = 1.10$	$n_1 = 90$
		Tirado	$\bar{x}_2 = 10.91$	$\sigma_2 = 0.71$	$n_2 = 90$
4	Color de pulpa	Cortado	$\bar{x}_1 = -80.94$	$\sigma_1 = 8.96$	$n_1 = 90$
		Tirado	$\bar{x}_2 = -81.81$	$\sigma_2 = 6.07$	$n_2 = 90$
5	pH (grado de acidez)	Cortado	$\bar{x}_1 = 4.27$	$\sigma_1 = 0.18$	$n_1 = 90$
		Tirado	$\bar{x}_2 = 4.17$	$\sigma_2 = 0.23$	$n_2 = 90$
6	° Brix	Cortado	$\bar{x}_1 = 15.07$	$\sigma_1 = 1.66$	$n_1 = 90$
		Tirado	$\bar{x}_2 = 15.01$	$\sigma_2 = 1.43$	$n_2 = 90$
7	Acidez	Cortado	$\bar{x}_1 = 0.88$	$\sigma_1 = 0.23$	$n_1 = 90$
		Tirado	$\bar{x}_2 = 0.84$	$\sigma_2 = 0.28$	$n_2 = 90$

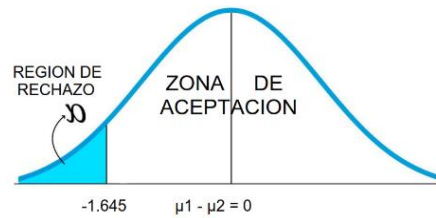
Estadísticos estimados para pruebas de hipótesis de las propiedades físico químicas obtenidos en un análisis previo al tratamiento hidrotérmico

PRUEBAS DE HIPOTESIS

➤ Pérdida de peso

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0.00$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0.00$$



$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} = \frac{(184.83 - 213.17) - (0)}{\sqrt{\frac{(14.52)^2}{30} + \frac{(11.43)^2}{30}}} = \frac{-28.34}{\sqrt{\frac{210.83}{30} + \frac{130.65}{30}}}$$

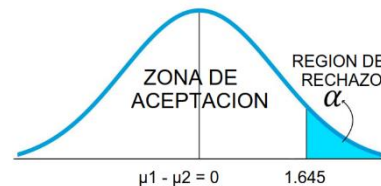
$$= \frac{-28.34}{\sqrt{7.03 + 4.35}} = \frac{-28.34}{\sqrt{11.38}} = \frac{-28.34}{3.37} = -8.40$$

Por lo tanto, se rechaza H_0 , podemos concluir que con un nivel de significancia del 5% que la pérdida de peso del fruto cortado es menor que la pérdida de peso del fruto tirado.

➤ Color de cascara

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0.00$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0.00$$



$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} = \frac{(4.27 - 4.17) - (0)}{\sqrt{\frac{(0.18)^2}{90} + \frac{(0.23)^2}{90}}} = \frac{0.1}{\sqrt{\frac{0.0324}{90} + \frac{0.0529}{90}}}$$

$$= \frac{0.1}{\sqrt{0.00036 + 0.00055}} = \frac{0.1}{\sqrt{0.00091}} = \frac{0.1}{0.030} = 3.25$$

Por lo tanto, se rechaza H_0 , podemos concluir que con un nivel de significancia del 5% que el color de la cascara del fruto cortado es mayor que el color de la cascara del fruto tirado.

➤ Firmeza de cascara

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0.00$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0.00$$



$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} = \frac{(10.95 - 10.91) - (0)}{\sqrt{\frac{(1.10)^2}{90} + \frac{(0.71)^2}{90}}} = \frac{0.04}{\sqrt{1.21/90 + 0.5041/90}}$$

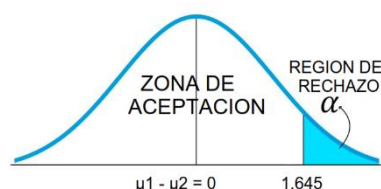
$$= \frac{0.04}{\sqrt{0.0134 + 0.0056}} = \frac{0.04}{\sqrt{0.0190}} = \frac{0.04}{0.138} = \mathbf{0.29}$$

Por lo tanto, se acepta H_0 , podemos concluir que con un nivel de significancia del 5% que la firmeza de la cascara del fruto cortado es igual a la firmeza de la cascara del fruto tirado.

➤ Color de pulpa

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0.00$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0.00$$



$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} = \frac{[(-80.49) - (-81.81)]}{\sqrt{\frac{(8.96)^2}{90} + \frac{(6.07)^2}{90}}} = \frac{1.32}{\sqrt{80.2816/90 + 36.8449/90}}$$

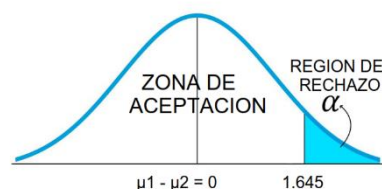
$$= \frac{1.32}{\sqrt{0.8920 + 0.4094}} = \frac{1.32}{\sqrt{1.3014}} = \frac{1.32}{1.1407} = \mathbf{1.16}$$

Por lo tanto, se acepta H_0 , podemos concluir que con un nivel de significancia del 5% que el color de la pulpa del fruto cortado es igual al color de la pulpa del fruto tirado.

➤ pH (grado de acidez)

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0.00$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0.00$$



$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} = \frac{(4.27 - 4.17) - (0)}{\sqrt{\frac{(0.18)^2}{90} + \frac{(0.23)^2}{90}}} = \frac{0.1}{\sqrt{0.0324/90 + 0.0529/90}}$$

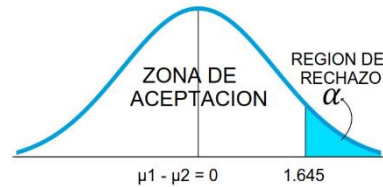
$$= \frac{0.1}{\sqrt{0.00036 + 0.00059}} = \frac{0.1}{\sqrt{0.00095}} = \frac{0.1}{0.0307} = \mathbf{3.25}$$

Por lo tanto, se rechaza H_0 , podemos concluir que con un nivel de significancia del 5% que el grado de acidez del fruto cortado es mayor que el grado de acidez del fruto tirado.

➤ ° Brix

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0.00$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0.00$$



$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\sigma_1^2/n_1 + \sigma_2^2/n_2}} = \frac{(15.07 - 15.01) - (0)}{\sqrt{(1.66)^2/90 + (1.43)^2/90}} = \frac{0.06}{\sqrt{2.7556/90 + 2.0449/90}}$$

$$= \frac{0.06}{\sqrt{0.0306 + 0.0227}} = \frac{0.06}{\sqrt{0.0533}} = \frac{0.06}{0.2309} = \mathbf{0.26}$$

Por lo tanto, se acepta H_0 , podemos concluir que con un nivel de significancia del 5% que los °Brix del fruto cortado es igual a los °Brix del fruto tirado.

➤ Acidez

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0.00$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0.00$$



$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\sigma_1^2/n_1 + \sigma_2^2/n_2}} = \frac{(0.88 - 0.84) - (0)}{\sqrt{(0.23)^2/90 + (0.28)^2/90}} = \frac{0.04}{\sqrt{0.0529/90 + 0.0784/90}}$$

$$= \frac{0.04}{\sqrt{0.00059 + 0.00087}} = \frac{0.04}{\sqrt{0.00146}} = \frac{0.04}{0.382} = \mathbf{1.05}$$

Por lo tanto, se acepta H_0 , podemos concluir que con un nivel de significancia del 5% que la acidez del fruto cortado es igual a la acidez del fruto tirado.

En el laboratorio de tecnologías de alimentos, después de haberle aplicado el tratamiento hidrotérmico a los lotes de naranja se llevó a cabo la medición de las propiedades físico – químicas de los frutos con el tratamiento y frutos Testigo que presentaban contaminación de la mosca de la fruta, se procedió a registrar las respectivas mediciones y se presentan los resultados (Ver tabla 5)

ESTADISTICOS DE ANALISIS POST TRATAMIENTO

Tabla 5. Estadísticos de las propiedades físico químicas en análisis post tratamiento

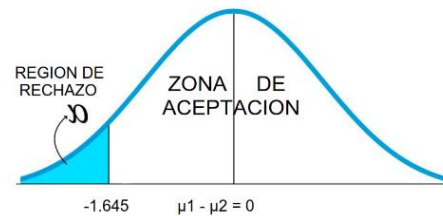
No.	VARIABLE	FRUTO	Promedio \bar{x}	Desviación estándar σ	Tamaño de la muestra n
1	Pérdida de peso	Con Tratamiento	$\bar{x}_1 = 170.23$	$\sigma_1 = 44.82$	$n_1 = 24$
		Testigo	$\bar{x}_2 = 189.27$	$\sigma_2 = 38.40$	$n_2 = 24$
2	Color de cascara	Con Tratamiento	$\bar{x}_1 = 61.89$	$\sigma_1 = 5.68$	$n_1 = 72$
		Testigo	$\bar{x}_2 = 63.87$	$\sigma_2 = 3.94$	$n_2 = 72$
3	Firmeza de cascara	Con Tratamiento	$\bar{x}_1 = 8.73$	$\sigma_1 = 4.97$	$n_1 = 72$
		Testigo	$\bar{x}_2 = 8.85$	$\sigma_2 = 4.90$	$n_2 = 72$
4	Color de pulpa	Con Tratamiento	$\bar{x}_1 = 34.36$	$\sigma_1 = 5.16$	$n_1 = 72$
		Testigo	$\bar{x}_2 = 35.40$	$\sigma_2 = 1.73$	$n_2 = 72$
5	pH (grado de acidez)	Con Tratamiento	$\bar{x}_1 = 3.78$	$\sigma_1 = 0.51$	$n_1 = 72$
		Testigo	$\bar{x}_2 = 4.01$	$\sigma_2 = 0.20$	$n_2 = 72$
6	° Brix	Con Tratamiento	$\bar{x}_1 = 14.75$	$\sigma_1 = 0.87$	$n_1 = 72$
		Testigo	$\bar{x}_2 = 14.31$	$\sigma_2 = 1.07$	$n_2 = 72$
7	Acidez	Con Tratamiento	$\bar{x}_1 = 2.41$	$\sigma_1 = 0.78$	$n_1 = 72$
		Testigo	$\bar{x}_2 = 2.34$	$\sigma_2 = 0.72$	$n_2 = 72$

Estadísticos estimados para pruebas de hipótesis de las propiedades físico químicas obtenidos en un análisis posterior al tratamiento hidrotérmico

➤ Pérdida de peso

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0.00$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0.00$$



$$\begin{aligned} \hat{\sigma} &= \frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{[(24 - 1) * (44.82)^2] + [(24 - 1) * (38.4)^2]}{24 + 24 - 2} \\ &= \frac{[(23) * (2,008.83)] + [(23) * (1,474.56)]}{46} = \frac{46,203.15 + 33,914.88}{46} \\ &= \frac{80,118.03}{46} = 1,741.70 \end{aligned}$$

$$\hat{\sigma}_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}^2}{n_1} + \frac{\hat{\sigma}^2}{n_2}} = \sqrt{\frac{(1,741.70)^2}{24} + \frac{(1,741.70)^2}{24}} = \sqrt{\frac{3,033,518.89}{24} + \frac{3,033,518.89}{24}}$$

$$= \sqrt{126,396.62 + 126,396.62} = \sqrt{252,793.24} = 502.79$$

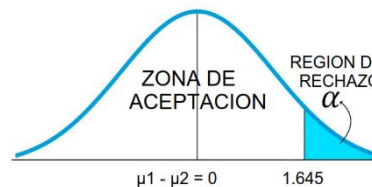
$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\hat{\sigma}_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}} = \frac{170.23 - 189.27}{502.79} = \frac{-19.04}{502.79} = -0.04$$

Por lo tanto, se acepta H_0 , ya que con un nivel de significancia del 5%, el valor de pérdida de peso es igual tanto de los frutos con tratamiento hidrotérmico como la de los frutos testigo, por lo que significa que la pérdida de peso de la fruta está asociada a la pérdida de peso del agua y dependen de las características intrínsecas y extrínsecas, de tal forma no hubo diferencias a las que se generara un mayor cambio significativo.

➤ Color de cascara

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0.00$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0.00$$



$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} = \frac{(61.89 - 63.87) - (0)}{\sqrt{\frac{(5.68)^2}{72} + \frac{(3.94)^2}{72}}} = \frac{-1.98}{\sqrt{32.26/72 + 15.52/72}}$$

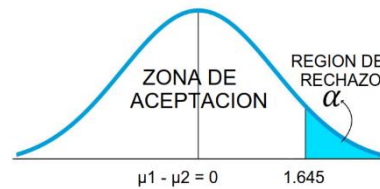
$$= \frac{-1.98}{\sqrt{0.4481 + 0.2156}} = \frac{-1.98}{\sqrt{0.6636}} = \frac{-1.98}{0.8147} = -2.43$$

Por lo tanto, se acepta H_0 , podemos concluir que con un nivel de significancia del 5% que el color de la cascara del fruto con tratamiento hidrotérmico es igual al color de la cascara de los frutos testigo, por lo general disminuye el color verde de las frutas debido a una disminución de su contenido de clorofila y a un incremento en la síntesis de pigmentos de color amarillo, naranja y rojo.

➤ Firmeza de cascara

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0.00$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0.00$$



$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\sigma_1^2/n_1 + \sigma_2^2/n_2}} = \frac{(8.73 - 8.85) - (0)}{\sqrt{(4.97)^2/72 + (4.90)^2/72}} = \frac{-0.12}{\sqrt{24.7009/72 + 24.01/72}}$$

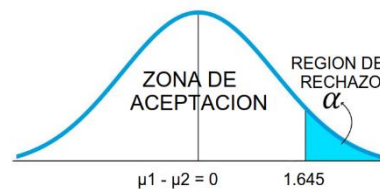
$$= \frac{-0.12}{\sqrt{0.3430 + 0.3335}} = \frac{-0.12}{\sqrt{0.6765}} = \frac{-0.12}{0.8225} = -0.15$$

Por lo tanto, se acepta H_0 , podemos concluir que con un nivel de significancia del 5% son iguales los frutos con tratamiento hidrotérmico y los frutos testigo, ya que no abarca tanta significancia por el motivo que fue cortado el fruto y no recogido, por lo general, la textura de los frutos cambia debido al hidrolisis de los almidones y de las pectinas, por la reducción de su contenido de fibra y por los procesos degradativos de las paredes celulares.

➤ Color de pulpa

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0.00$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0.00$$



$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\sigma_1^2/n_1 + \sigma_2^2/n_2}} = \frac{(34.36 - 35.40) - (0)}{\sqrt{(5.16)^2/72 + (1.73)^2/72}} = \frac{-1.04}{\sqrt{26.63/72 + 2.99/72}}$$

$$= \frac{-1.04}{\sqrt{0.3698 + 0.4157}} = \frac{-1.04}{\sqrt{0.7855}} = \frac{-1.04}{0.8863} = -1.17$$

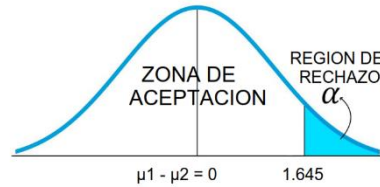
Por lo tanto, se acepta H_0 , podemos concluir que con un nivel de significancia del 5% que el color de la pulpa de los frutos con tratamiento hidrotérmico y los fruto testigo son iguales, ya que la madurez de los frutos suele estar asociados a un ablandamiento de los tejidos y nuevos

compuestos carotenoides, consecuencia como los cambios físicos que cambian constantemente en la maduración.

➤ pH

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0.00$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0.00$$



$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\sigma_1^2/n_1 + \sigma_2^2/n_2}} = \frac{(3.78 - 4.01) - (0)}{\sqrt{(0.51)^2/72 + (0.20)^2/72}} = \frac{-0.23}{\sqrt{0.2601/72 + 0.04/72}}$$

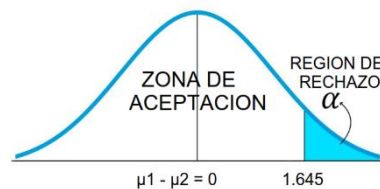
$$= \frac{-0.23}{\sqrt{0.0036 + 0.0005}} = \frac{-0.23}{\sqrt{0.0041}} = \frac{-0.23}{0.0640} = -3.59$$

Por lo tanto, se acepta H_0 , podemos concluir que con un nivel de significancia del 5% que el pH del fruto con tratamiento es igual que el pH del fruto testigo, por lo general el sabor cambia debido al hidrolisis de almidones que se transforman en azúcares. Su sabor pasa de ser ácido a dulce, pero en este caso no hubo tanta variabilidad y es igual al del tratamiento.

➤ °Brix

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0.00$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0.00$$



$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\sigma_1^2/n_1 + \sigma_2^2/n_2}} = \frac{(14.75 - 14.31) - (0)}{\sqrt{(0.87)^2/72 + (1.07)^2/72}} = \frac{0.44}{\sqrt{0.7569/72 + 1.1449/72}}$$

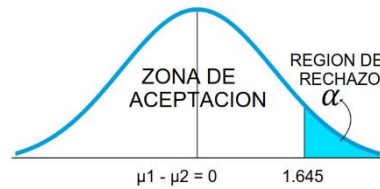
$$= \frac{0.44}{\sqrt{0.0105 + 0.0159}} = \frac{0.44}{\sqrt{0.264}} = \frac{0.44}{0.1625} = 2.71$$

Por lo tanto, se rechaza H_0 , podemos concluir que con un nivel de significancia del 5% que el ° Brix del fruto con tratamiento hidrotérmico es mayor a los ° Brix del fruto Testigo. Por lo tanto, nos indica que los azúcares contenidos en las frutas tienen la propiedad de ser solubles en el agua, determinando que tiene un porcentaje mayor a las sustancias solubles en el agua como la pectina y los ácidos, entre otros.

➤ Acidez

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0.00$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0.00$$



$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} = \frac{(2.41 - 2.34) - (0)}{\sqrt{\frac{(0.78)^2}{72} + \frac{(0.72)^2}{72}}} = \frac{0.07}{\sqrt{0.6084/72 + 0.5184/72}}$$

$$= \frac{0.07}{\sqrt{0.0085 + 0.0072}} = \frac{0.07}{\sqrt{0.0157}} = \frac{0.07}{0.1253} = 0.59$$

Por lo tanto, se acepta H_0 , podemos concluir que con un nivel de significancia del 5% que la acidez del fruto con tratamiento hidrotérmico es igual a la acidez del fruto testigo, aunque se allá realizado el tratamiento no existe gran diferencia ya que solo se ve reflejada la pérdida de ácido orgánico en ambas.

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Las fórmulas simplificadas para calcular el estadístico F_0 se muestran en la llamada tabla de *análisis de varianza*. (Ver tabla 6).

Tabla 6. Tabla de ANOVA para un Diseño Completamente al Azar

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F_0
Tratamientos	$SC_t = \sum_{i=1}^a \frac{y_i.^2}{n} - \frac{y.^2}{N}$	$a - 1$	$CM_T = \frac{SC_t}{a - 1}$	$F_0 = \frac{CM_T}{CM_E}$
Error	$SC_E = SC_T - SC_t$	$N - a$	$CM_E = \frac{SC_E}{N - 1}$	
Total	$SC_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{y.^2}{N}$	$N - 1$		

TABLA ANOVA DEISEÑO DE EXPERIMENTOS DE DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

La hipótesis fundamental a probar cuando se comparan a tratamientos es:

$$H_0: t_1 = t_2 \dots t_a = 0$$

$$H_1: \text{al menos un } t_i \neq 0$$

El criterio para la toma de decisión es considerar si $f_0 > f_{a, a-1, N-a}$ H_0 se rechaza.

Para llevar a cabo el análisis de varianza de las pruebas físico químicas de los diferentes tiempos del tratamiento hidrotérmico que se le aplicó a la naranja, se tomaron muestras de manera aleatoria $n = 6$, y a su vez se calcularon los totales y los promedios por cada tratamiento. (Ver tablas 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19)

Tabla 7. Comparación de los cuatro tiempos en tratamiento hidrotérmico para la variable Pérdida de Peso

TIEMPO DE TRATAMIENTO	OBSERVACIONES						TOTALES	PROMEDIOS
	1	2	3	4	5	6		
20 MIN	194.6	158.5	163.6	127.5	119.1	126.9	890.20	148.37
40 MIN	249.1	311.0	203.2	220.8	204.0	171.5	1,359.60	226.60
60 MIN	144.9	156.5	196.6	198.5	153.0	150.6	1,000.10	166.68
80 MIN	210.4	185.1	163.0	200.2	129.0	140.6	1,028.30	171.38
TOTAL							4,287.20	713.03

PERDIDA DE PESO, las observaciones se recolectaron de las mediciones realizadas en el laboratorio de alimentos del ITSAT

Se llevó a cabo el análisis de varianza, con el fin de llegar al estadístico F_0 , para posteriormente hacer la toma de la decisión y saber si se acepta o rechaza la hipótesis nula (Ver tablas 8, 10, 12, 14, 16, 18, y 20)

Tabla 8. Análisis de Varianza para la variable Pérdida de Peso

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F_0
Tratamientos	20,470.05	$a - 1 = 4 - 1 = 3$	6,823.35	5.62
Error	24,269.13	$N - 4 = 24 - 4 = 20$	1,213.46	
Total	44,739.18	$N - 1 = 24 - 1 = 23$		

La tabla ANOVA muestra el valor F_0 que se considera para el criterio de la toma de decisión

$$H_0: t_{20m} = t_{40m} = t_{60} = t_{80m} = 0$$

$$H_1: \text{al menos un } t_a \neq 0$$

$$SC_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N} = [194.6^2 + 158.5^2 + 163.6^2 + \dots + 129.0^2 + 140.6^2] - \left[\frac{4,278.20^2}{24} \right]$$

$$= 807,363.98 - \left[\frac{18,302,995.24}{24} \right] = 807,363.98 - 762,624.80 = 44,739.18$$

$$SC_t = \sum_{i=1}^a \frac{y_i^2}{n} - \frac{y_{..}^2}{N} = \left[\frac{890.2^2 + 1,359.6^2 + 1,000.1^2 + 1,028.3^2}{6} \right] - \left[\frac{4,287.2^2}{24} \right]$$

$$= \left[\frac{4,698,569.10}{6} \right] - \left[\frac{18,302,995.24}{24} \right] = 783,095.85 - 762,624.80 = 20,470.05$$

$$SC_E = SC_T - SC_t = 44,739.18 - 20,470.05 = 24,269.13$$

$$F_0 = 5.62 > F_{3,20} = 3.10, \text{ POR LO TANTO SE RECHAZA } H_0$$

Para la variable Pérdida de Peso, considerando la toma de la decisión, se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que al menos uno de los tratamientos aplicado a las frutas es diferente a los demás.

Tabla 9. Comparación de los cuatro tiempos en tratamiento hidrotérmico para la variable Color de Cascara.

TIEMPO DE TRATAMIENTO	OBSERVACIONES						TOTALES	PROMEDIOS
	1	2	3	4	5	6		
20 MIN	67.82	64.52	59.96	68.53	70.58	66.32	397.73	66.29
40 MIN	62.88	58.66	65.68	66.02	68.10	68.66	390.00	65.00
60 MIN	58.80	58.74	63.57	60.47	60.78	65.19	367.55	61.26
80 MIN	56.71	58.98	56.6	70.84	63.80	65.52	372.45	62.08
TOTAL							1,527.73	254.62

C. CASCARA, las observaciones se recolectaron de las mediciones realizadas en el laboratorio de alimentos del ITSAT

Tabla 10. Análisis de Varianza para la variable Color de Cascara

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F_0
Tratamientos	101.90	$a - 1 = 4 - 1 = 3$	33.97	2.04
Error	332.21	$N - a = 24 - 4 = 20$	16.61	
Total	434.11	$N - 1 = 24 - 1 = 23$		

La tabla ANOVA muestra el valor F_0 que se considera para el criterio de la toma de decisión

$$H_0: t_{20m} = t_{40m} = t_{60} = t_{80m} = 0$$

$$H_1: \text{al menos un } t_a \neq 0$$

$$SC_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N} = [67.82^2 + 64.52^2 + 59.96^2 + \dots + 63.8^2 + 65.52^2] - \left[\frac{1,527.73^2}{24} \right]$$

$$= 97,682.40 - \left[\frac{2,333,958.95}{24} \right] = 97,682.40 - 97,248.29 = 434.11$$

$$SC_t = \sum_{i=1}^a \frac{y_i^2}{n} - \frac{y_{..}^2}{N} = \left[\frac{397.73^2 + 390.00^2 + 367.55^2 + 372.45^2}{6} \right] - \left[\frac{1,527.73^2}{24} \right]$$

$$= \left[\frac{584,101.16}{6} \right] - \left[\frac{2,333,958.95}{24} \right] = 97,350.19 - 97,248.29 = 101.90$$

$$SC_E = SC_T - SC_t = 434.11 - 101.90 = 332.21$$

$$F_0 = 2.04 < F_{3,20} = 3.10, \text{ POR LO TANTO SE ACEPTA } H_0$$

Para la variable Color de Cáscara, considerando la toma de la decisión, se acepta la hipótesis nula, concluyendo que los tratamientos aplicados a las frutas son iguales.

Tabla 11. Comparación de los cuatro tiempos en tratamiento hidrotérmico para la variable Firmeza de Cascara

TIEMPO DE TRATAMIENTO	OBSERVACIONES						TOTALES	PROMEDIOS
	1	2	3	4	5	6		
20 MIN	15.0	15.0	9.4	12.5	10.0	8.5	70.40	11.73
40 MIN	12.5	11.6	2.5	15.0	2.4	2.0	46.00	7.67
60 MIN	13.4	7.5	12.3	3.2	13.0	13.7	63.10	10.52
80 MIN	7.0	13.5	11.4	2.9	2.5	2.5	39.80	6.63
TOTAL							219.30	36.55

FIRMEZA DE CASCARA, las observaciones se recolectaron de las mediciones realizadas en el laboratorio de alimentos del ITSAT

Tabla 12. Análisis de Varianza para la variable Firmeza de Cascara

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F_0
Tratamientos	102.45	$a - 1 = 4 - 1 = 3$	34.15	1.59
Error	428.53	$N - a = 24 - 4 = 20$	21.43	
Total	530.98	$N - 1 = 24 - 1 = 23$		

La tabla ANOVA muestra el valor F_0 que se considera para el criterio de la toma de decisión

$$H_0: t_{20m} = t_{40m} = t_{60m} = t_{80m} = 0$$

$$H_1: \text{al menos un } t_a \neq 0$$

$$SC_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N} = [15^2 + 15^2 + 9.4^2 + \dots + 2.5^2 + 2.5^2] - \left[\frac{219.3^2}{24} \right] = 2,535 - \left[\frac{48,092.49}{24} \right] \\ = 2,535 - 2,003.85 = 530.98$$

$$SC_t = \sum_{i=1}^a \frac{y_i^2}{n} - \frac{y_{..}^2}{N} = \left[\frac{70.4^2 + 46^2 + 63.1^2 + 39.8^2}{6} \right] - \left[\frac{219.3^2}{24} \right] = \left[\frac{12,638}{6} \right] - \left[\frac{48,092.49}{24} \right] \\ = 2,106.30 - 2,003.85 = 102.45$$

$$SC_E = SC_T - SC_t = 530.98 - 102.45 = 428.53$$

$$F_0 = 1.59 < F_{3,20} = 3.10, \text{ POR LO TANTO SE ACEPTA } H_0$$

Para la variable Firmeza de Cáscara, considerando la toma de la decisión, se acepta la hipótesis nula, concluyendo que los tratamientos aplicados a las frutas son iguales.

Tabla 13. Comparación de los cuatro tiempos en tratamiento hidrotérmico para la variable Color de Jugo

TIEMPO DE TRATAMIENTO	OBSERVACIONES						TOTALES	PROMEDIOS
	1	2	3	4	5	6		
20 MIN	36.69	36.51	35.62	34.94	35.07	35.04	213.87	35.645
40 MIN	38.65	35.87	34.34	37.83	38.25	35.92	220.86	36.81
60 MIN	35.49	35.22	31.65	35.91	33.22	36.54	208.03	34.672
80 MIN	36.90	37.51	36.59	35.71	32.11	38.76	217.58	36.263
TOTAL							860.34	143.39

C. JUGO, las observaciones se recolectaron de las mediciones realizadas en el laboratorio de alimentos del ITSAT

Tabla 14. Análisis de Varianza para la variable Color de Jugo

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F_0
Tratamientos	15.14	$a - 1 = 4 - 1 = 3$	5.05	1.67
Error	60.40	$N - a = 24 - 4 = 20$	3.02	
Total	75.54	$N - 1 = 24 - 1 = 23$		

La tabla ANOVA muestra el valor F_0 que se considera para el criterio de la toma de decisión

$$H_0: t_{20m} = t_{40m} = t_{60m} = t_{80m} = 0$$

$$H_1: \text{al menos un } t_a \neq 0$$

$$SC_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N} = [36.69^2 + 36.51^2 + 35.62^2 + \dots + 32.11^2 + 38.76^2] - \left[\frac{860.34^2}{24} \right]$$

$$= 30,916.57 - \left[\frac{740,184.92}{24} \right] = 30,916.57 - 30,841.04 = 75.54$$

$$SC_t = \sum_{i=1}^a \frac{y_i^2}{n} - \frac{y_{..}^2}{N} = \left[\frac{213.87^2 + 220.86^2 + 208.03^2 + 217.58^2}{6} \right] - \left[\frac{860.34^2}{24} \right]$$

$$= \left[\frac{185,137.05}{6} \right] - \left[\frac{740,184.92}{24} \right] = 30,856.18 - 30,841.04 = 15.14$$

$$SC_E = SC_T - SC_t = 75.54 - 15.14 = 60.40$$

$$F_0 = 1.67 < F_{3,20} = 3.10, \text{POR LO TANTO SE ACEPTA } H_0$$

Para la variable Color de Jugo, considerando la toma de la decisión, se acepta la hipótesis nula, concluyendo que los tratamientos aplicados a las frutas son iguales.

Tabla 15. Comparación de los cuatro tiempos en tratamiento hidrotérmico para la variable PH

TIEMPO DE TRATAMIENTO	OBSERVACIONES						TOTALES	PROMEDIOS
	1	2	3	4	5	6		
20 MIN	3.7	3.9	3.9	3.8	3.7	3.5	22.50	3.75
40 MIN	3.8	4.2	4.2	4.2	3.7	3.6	23.70	3.95
60 MIN	3.9	3.9	3.8	3.9	2.4	1.6	19.50	3.25
80 MIN	3.7	4.1	4.2	3.9	2.2	4.0	22.10	3.683
TOTAL							87.80	14.63

PH, las observaciones se recolectaron de las mediciones realizadas en el laboratorio de alimentos del ITSAT

Tabla 16. Análisis de Varianza para la variable PH

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F_0
Tratamientos	1.56	$a - 1 = 4 - 1 = 3$	0.52	1.23
Error	8.31	$N - a = 24 - 4 = 20$	0.42	
Total	9.88	$N - 1 = 24 - 1 = 23$		

La tabla ANOVA muestra el valor F_0 que se considera para el criterio de la toma de decisión

$$H_0: t_{20m} = t_{40m} = t_{60m} = t_{80m} = 0$$

$$H_1: \text{al menos un } t_a \neq 0$$

$$SC_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N} = [3.7^2 + 3.9^2 + 3.9^2 + \dots + 2.2^2 + 4^2] - \left[\frac{87.8^2}{24} \right] = 331.08 - \left[\frac{7,708.84}{24} \right]$$

$$= 331.08 - 321.20 = 9.88$$

$$SC_t = \sum_{i=1}^a \frac{y_i^2}{n} - \frac{y_{..}^2}{N} = \left[\frac{22.5^2 + 23.7^2 + 19.5^2 + 22.1^2}{6} \right] - \left[\frac{87.8^2}{24} \right] = \left[\frac{1,936.60}{6} \right] - \left[\frac{7,708.24}{24} \right]$$

$$= 22.77 - 321.20 = 1.56$$

$$SC_E = SC_T - SC_t = 9.88 - 1.56 = 8.31$$

$$F_0 = 1.23 < F_{3,20} = 3.10, \text{ POR LO TANTO SE ACEPTA } H_0$$

Para la variable PH, considerando la toma de la decisión, se acepta la hipótesis nula, concluyendo que los tratamientos aplicados a las frutas son iguales.

Tabla 17. Comparación de los cuatro tiempos en tratamiento hidrotérmico para la variable ° BRIX

TIEMPO DE TRATAMIENTO	OBSERVACIONES						TOTALES	PROMEDIOS
	1	2	3	4	5	6		
20 MIN	14.2	13.6	16.2	14.7	14.9	13.9	87.50	14.58
40 MIN	14.1	14.2	10.4	10.4	15.5	15.4	80.00	13.33
60 MIN	14.6	14.6	15.6	15.4	14.9	15.6	90.70	15.12
80 MIN	14.3	14.5	15.5	15.4	14.4	14.8	88.90	14.82
TOTAL							347.10	57.85

° BRIX, las observaciones se recolectaron de las mediciones realizadas en el laboratorio de alimentos del ITSAT

Tabla 18. Análisis de Varianza para la variable ° BRIX

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F_0
Tratamientos	11.06	$a - 1 = 4 - 1 = 3$	3.69	2.15
Error	34.30	$N - a = 24 - 4 = 20$	1.72	
Total	45.36	$N - 1 = 24 - 1 = 23$		

La tabla ANOVA muestra el valor F_0 que se considera para el criterio de la toma de decisión

$$H_0: t_{20m} = t_{40m} = t_{60} = t_{80m} = 0$$

$$H_1: \text{al menos un } t_a \neq 0$$

$$SC_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N} = [14.2^2 + 13.6^2 + 16.2^2 + \dots + 14.4^2 + 14.8^2] - \left[\frac{374.1^2}{24} \right] = 5,065.29 - \left[\frac{12,047.41}{24} \right]$$

$$= 5,065.29 - 5,019.93 = 45.36$$

$$SC_t = \sum_{i=1}^a \frac{y_i.^2}{n} - \frac{y_{..}^2}{N} = \left[\frac{87.5^2 + 80^2 + 90.7^2 + 88.9^2}{6} \right] - \left[\frac{374.1^2}{24} \right] = \left[\frac{30,185.95}{6} \right] - \left[\frac{12,047.41}{24} \right]$$

$$= 5,030.99 - 5,019.93 = 11.06$$

$$SC_E = SC_T - SC_t = 45.36 - 11.06 = 34.30$$

$$F_0 = 2.15 < F_{3,20} = 3.10, \text{ POR LO TANTO SE ACEPTA } H_0$$

Para la variable ° BRIX, considerando la toma de la decisión, se acepta la hipótesis nula, concluyendo que los tratamientos aplicados a las frutas son iguales.

Tabla 19. Comparación de los cuatro tiempos en tratamiento hidrotérmico para la variable Acidez

	OBSERVACIONES	TOTALES	PROMEDIOS
--	---------------	---------	-----------

TIEMPO DE TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	6		
20 MIN	1.7	1.5	2.4	2.4	2.7	2.9	13.60	2.27
40 MIN	5.0	3.1	2.9	2.6	2.9	2.3	18.80	3.13
60 MIN	2.0	3.0	3.2	2.0	2.4	1.9	14.50	2.42
80 MIN	2.0	1.7	3.7	2.3	2.2	1.5	13.40	2.23
TOTAL							60.30	10.05

ACIDEZ, las observaciones se recolectaron de las mediciones realizadas en el laboratorio de alimentos del ITSAT

Tabla 20. Análisis de Varianza para la variable Acidez

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F_0
Tratamientos	3.20	$a - 1 = 4 - 1 = 3$	1.07	
Error	10.71	$N - a = 24 - 4 = 20$	0.54	1.98
Total	13.91	$N - 1 = 24 - 1 = 23$		

La tabla ANOVA muestra el valor F_0 que se considera para el criterio de la toma de decisión

$$H_0: t_{20m} = t_{40m} = t_{60} = t_{80m} = 0$$

$$H_1: \text{al menos un } t_a \neq 0$$

$$SC_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N} = [1.7^2 + 1.5^2 + 2.4^2 + \dots + 2.2^2 + 1.5^2] - \left[\frac{60.3^2}{24} \right] = 165.41 - \left[\frac{3,636.09}{24} \right]$$

$$= 165.41 - 151.50 = 13.91$$

$$SC_t = \sum_{i=1}^a \frac{y_i.^2}{n} - \frac{y_{..}^2}{N} = \left[\frac{13.6^2 + 18.8^2 + 14.5^2 + 13.4^2}{6} \right] - \left[\frac{60.3^2}{24} \right] = \left[\frac{928.21}{6} \right] - \left[\frac{3,626.09}{24} \right]$$

$$= 154.70 - 151.50 = 3.20$$

$$SC_E = SC_T - SC_t = 13.91 - 3.20 = 10.71$$

$$F_0 = 1.98 < F_{3,20} = 3.10, \text{ POR LO TANTO SE ACEPTA } H_0$$

Para la variable Acidez, considerando la toma de la decisión, se acepta la hipótesis nula, concluyendo que los tratamientos aplicados a las frutas son iguales.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Observando los resultados, en primer lugar, con las pruebas de hipótesis aplicadas en el análisis previo, a los frutos infectados comparándolos con los frutos cortados, se puede concluir que, si existe una diferencia significativa a un nivel de confianza del 5%, en 6 de las 7 propiedades físico químicas. Solo mostró diferencias estadísticamente significativas en los grados Brix; por lo que se concluye que la infestación de las naranjas con *Anastrepha ludens* no afecta las variables fisicoquímicas del fruto.

En segundo lugar, haciendo las mismas pruebas de hipótesis ahora comparando los frutos con tratamiento hidrotérmico y los frutos testigo, podemos concluir que, con un nivel de significancia del 5%, el tratamiento hidrotérmico no afecta las propiedades físico químicas.

Por otra parte, el análisis de varianza de las pruebas fisicoquímicas de los diferentes tiempos del tratamiento hidrotérmico que se les aplicó a las naranjas no mostró diferencias estadísticamente significativas, por lo que se concluye que el tratamiento hidrotérmico no altera las propiedades fisicoquímicas del fruto; pudiendo ser un tratamiento recomendable para combatir la mosca de la fruta *Anastrepha ludens*.

6.2 Recomendaciones

Al finalizar mi trabajo de tesis que lleva por título “análisis de la eficiencia del tratamiento hidrotérmico para controlar la *Anastrepha ludens* en naranja valencia tardía” se recomienda los siguientes puntos para enriquecer y aportar a la generación de conocimiento:

1. Implementar intervalos de tiempo menores a los utilizados en la presente tesis.
2. Utilizar rangos de temperatura mayores y menores tiempo de explosión en el tratamiento hidrotérmico.
3. Combinar el tratamiento hidrotérmico con atmosferas controladas.
4. Combinar el tratamiento hidrotérmico con refrigeración.

5. Combinar el tratamiento hidrotérmico con el encerado de la fruta.
6. Implementar métodos de trapeo y muestreo de *Anastrepha ludens*.
7. Realizar identificación de *Anastrepha ludens* mediante microscopía.
8. Producir larvas y moscas de *Anastrepha ludens*.
9. Infestar frutas de manera forzada en el laboratorio con *Anastrepha ludens*.
10. Identificación molecular de feromona marcadora de hospederos (FMH) de *Anastrepha ludens*.
11. Se recomienda la realización de diagramas de procedimiento en la investigación.
12. Realizar un análisis financiero de la investigación.
13. Escalar la investigación a una empacadora de cítricos.
14. Evaluar el impacto económico de la investigación a una escala industrial.
15. Monitorear puntos críticos de control de la investigación a escala industrial.
16. Patentar el tratamiento hidrotérmico para el control de la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha ludens* en naranja valencia tardía.
17. Transferir el paquete tecnológico a otras entidades productoras de cítricos.
18. Aplicar el tratamiento hidrotérmico en otras unidades experimentales (papayas, guayabas, zapotes, etc.)

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUSTÍ, M. (2010). Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. Págs: 107, 311-313.
2. Alba, R.; Payton, P.; Fei, Z.; McQuinn, R.; Debbie, P.; Martin, G. B. and Giovannoni, J. J. 2005. Transcriptome and selected metabolite analyses reveal multiple points of ethylene control during tomato fruit development. *The Plant Cell*. 17(11):2954-2965
3. Aluja, S. M. 1994. Manejo Integrado de la mosca de la fruta, Ed. Trillas, México.
4. Armstrong, J. W. and P. A. Follett. 2007. Hot water immersion quarantine treatment against Mediterranean Fruit Fly and Oriental Fruit Fly (Diptera Tephritidae) and Larvae in Litchi and Logan Fruit exported from Hawaii. *Journal of Economic Entomology* 100 (4): 1091-1097.
5. Avena Bustillos, R. 1997. Tratamiento hidrotérmico. R. Báez (Editor) En: Manejo Postcosecha del Mango. México. Pp. 30-35.
6. Báez, R.; E. Bringas, G. González, T. Mendoza, J. Ojeda y J. Mercado. 2001. Comportamiento postcosecha del mango 'Tommy Atkins' tratado con agua caliente y ceras. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 44: 39-43.
7. Báez, R.; C. Saucedo, B. Pérez, E. Bringas y A. Mendoza. 2002. Efecto de la aplicación de cera comestible y agua caliente en la conservación del melón reticulado. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25 (4): 375-379.
8. Barrios, R. A., 1969. Observaciones sobre efectos de radiaciones gamma de Co 60 en la mosca mexicana de la fruta, *Fitófilo* 63-64:3-28.
9. Barrios, R. A. 1969. Observaciones sobre efectos de radiaciones gamma de Co 60 en la mosca mexicana de la fruta», *Fitófilo* 63-64:3-28.
10. CABI (Crop Protection Compendium Intranational), EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). s.f. Data Sheets on Quarantine Pests. *Anastrepha ludens*. 5 p.
11. Ciro J. Arias Velázquez Consultor FAO. MANUAL DE MANEJO POSTCOSECHA DE FRUTAS TROPICALES. Tomado el 26 de junio de 2007 de: <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s00.htm>. Proyecto TCP/PER/6713 (a) "Técnicas mejoradas de postcosecha, procesamiento y comercialización de frutas"

12. Cristina Rojas-Argudo, Lluís Palou, Adriana Contreras, M. Bernardita Pérez-Gago, Alicia Marcilla, Miguel Ángel Del Río, 2007. Efecto de tratamientos cuarentenarios, combinando frío y atmósferas insecticidas, sobre la fisiología y la calidad nutricional y sensorial de mandarinas 'clemenules'. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 8 (2)
13. DIRECCION GENERAL DE SANIDAD VEGETAL DIRECCION DE MOSCAS DE LA FRUTA. SAGARPA 2013.
14. Dos Santos, R. S.; Arge, L. W. P.; Costa, S. I.; Machado, N. D.; de MelloFarias, P. C.; Rombaldi, C. V. and de Oliveira, A. C. 2015. Genetic regulation and the impact of omics in fruit ripening. *Plant Omics*. 8(2):78-88.
15. Financiera Nacional de Desarrollo. Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero. 2010. Monografía del jugo de naranja. [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monografía de Jugo de Naranja.pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monografia%20de%20Jugo%20de%20Naranja.pdf) (oct 2010) (Disponible: Desde agosto de 2010)
16. Financiera Nacional de Desarrollo. Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero. 2010. Monografía del jugo de naranja. [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monografía de Jugo de Naranja.pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monografia%20de%20Jugo%20de%20Naranja.pdf) (oct 2010)
17. Francisco Diaz-Fleischer, 2015. El Papel de los Semioquímicos en el Manejo de las Moscas de la Fruta (Diptera: Tephritidae)
18. Gutiérrez, R.J. 1985. Determinación y distribución de los principales insectos plaga de los cítricos en el estado de México. Tesis de licenciatura, Chapingo. México. 50 pp.
19. Infoagro. 2005. El cultivo de la naranja. (Disponible en línea <http://www.infoagro.com>) (Consulta: 29 de Marzo de 2005).
20. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Centro Regional Entre Ríos Estación Experimental Agropecuaria Concordia. Fernando Bello, Daniel Vázquez, Nanci Almirón. - INTA EEA Concordia. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_concordia_momento_de_cosecha_citricos_0.pdf
21. Korytkowski, Ch. 2011. Memorias “Curso de Taxonomía de Moscas de la Fruta”. AGROCALIDAD-APHIS-CORPEI. Tumbaco. Ecuador.
22. Korytkowski, Ch. 2011. Memorias “Curso de Taxonomía de Moscas de la Fruta”. AGROCALIDAD-APHIS-CORPEI. Tumbaco. Ecuador.

23. Ladaniya M. 2010. Cítricos. Biología, tecnología y evaluación. Prensa Académica de Elsevier. San Diego. Páginas. 13, 103-106, 157-161.
24. LAS MOSCAS DE LA FRUTA. IA. M.Sc. HERBERTH MATHEUS GOMEZ Coordinador Grupo Epidemiología Agrícola ICA. Bogota, D.C. - Colombia, 2005
25. López-Cabrera, J. y Marrero-Domínguez, A. (1998). Uso de inmersiones en agua caliente para controlar la incidencia de la pudrición de la corona del banano. ISHS Acta Horticulturae, 490, 563 – 570
26. Lurie, S. and J. Klein. 1991. Acquisition of low-temperature tolerance in tomatoes by exposure to hot-temperature stress. J. Amer.Soc. Hort. Sci. 116: 1007-1012. _Back to cited text no. 26
27. Lurie, S. y Pedreschi, R. (2014). Fundamental aspects of postharvest heat treatments. Horticulture Research, 1.
28. Lurie, S., 1998. Postharvest heat treatments. Postharvest Biol. Technol, vol 14, p.257-269.
29. Martínez, F.J. 1997. Cultivo de naranjo, limonero y otros agrios. 2ª Edic. Editorial S.I.N.T.E.S, S.A. Barcelona, España. Pag. 34 284pp.
30. Moreiras O., G. Varela-Moreiras, J.M. Ávila, B. Beltrán, C. Cuadrado, S. del Pozo et al. 2009. La alimentación española. Características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
31. Perfil de producto naranja 2004. Centro para la formación empresarial (EARTH)
32. Prokopy, R. J., Roitberg, B. D., & Averill, A. L. 1984. Resource Partitioning, pp. 301- 330, *en* Bell W.J., & Carde, R. T. (eds.), *Chemical Ecology of Insects*. Chapman and Hall, New York.
33. REPORTE ESPECIAL NARANJA 2009. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. NARANJA, ORGULLO DE LA TIERRA MEXICANA.
34. RIEGER M. (2006). Introduction to fruit crops. Haworth Food & Agricultural Products Press, New York. Págs: 157, 168, 169, 177.
35. RIEGER M. 2006. Introduction to fruit crops. Haworth Food & Agricultural Products Press, New York. Págs: 157, 168, 169, 177
36. Rondón, O.; N. Sanabría de Albarracín y A. Rondón. 2006. Control hidrotérmico de Colletotrichum gloeosporioides Penz en mango (Mangifera indica L.). Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa. Rica) No.78

37. SAGARPA 2004. Pliego de condiciones para la obtención de la marca oficial "México Calidad Suprema" en naranja, variedad valencia 21 p
38. SAGARPA, 2004. Pliego de condiciones para la obtención de la marca oficial "México Calidad Suprema" en naranja, variedad valencia 21 p.
39. Sequeira R., L. Millar, and D. Bartels. 2001. Identification of Susceptible Areas for the Establishment of *Anastrepha* spp. Fruit Flies in the United States and Analysis of Selected Pathways. www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/fruit_flies/.../isa.pdf consultado el 23 de diciembre 2009. 45p.
40. Sequeira, R., Millar, L. y Bartels, D. 2001. Identification of Susceptible Areas for the Establishment of *Anastrepha* spp. Fruit Flies in the United States and Analysis of Selected Pathways. 47 p.
41. Steck, G. 1998. Mexican Fruit Fly, *Anastrepha ludens* (Loew) (Díptera: Tephritidae). Fla. Dept. Agric. & Consumer Services Division of Plant Industry. Entomology Circular N° 391. Noviembre-Diciembre. 2 p.
42. STIBICK, J. N. L. 2004. General reference for fruit fly programs Tephritidae. USDA, APHIS, PPQ, Pest Detection and Management Programs. Disponible en: https://www.aphis.usda.gov/import_export/plants/manuals/domestic/downloads/economic_fruit_fly.pdf. [Fecha revisión: abril 2016].
43. Stone, B.C. 1985. Rutaceae. En: Dassanyake, M.D. y F.R. Fosberg (eds.). A Revised Handbook of the Flora of Ceylon, Vol. 5. Smithsonian Institution and the National Science Foundation. Washington DC, EE.UU.
44. Valencia-Botín, A. J. 2000. Efecto del nim *Azadirachta indica* A. Juss sobre la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha ludens* Loew, Tesis de Licenciatura, Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
45. Valencia-Botín, A. J.: «Efecto del nim *Azadirachta indica* A. Juss sobre la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha ludens* Loew», Tesis de Licenciatura, Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, 2000.
46. Watada, A. E.; Herner, R. C.; Kader, A. A.; Romani, R. J. and Staby, G. L. 1984. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. HortSci. 19(1):20-21.

47. Weems, H., y Steck, G. 2001. University of Florida Institute of Food and Agricultural Science and Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Tomado de http://entnemdept.ufl.edu/creatures/fruit/tropical/mexican_fruit_fly.htm (21/03/2012)
48. Zambrano, J. y W. Materano. 1999. Efecto del tratamiento de inmersión en agua caliente sobre el desarrollo de daños por el frío en frutos de mango (*Mangifera indica* L.). *Agronomía Tropical* 49 (1): 81-92.