



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

CINÉTICA DE MADURACIÓN DE GUAYABA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA

Q.F.B. Nora Eloisa Maldonado Sierra

Directores de tesis:

D.C. Consuelo de Jesús Cortés Penagos

D.C. Serguei Maximov

Morelia, Michoacán. Abril 2013

Índice general

RESUMEN.....	1
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Justificación	4
1.2. Hipótesis.....	5
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Estructura de la tesis	6
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE	7
2.1. El cultivo del guayabo en México	7
2.2. Estudios sobre material genético de guayaba	9
2.2.1. Nuevas Variedades de guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.) registradas.....	10
2.3. Condiciones agroclimáticas de adaptación del guayabo	13
2.4. Clasificación botánica y fenología de la guayaba	14
2.5. Descripción del fruto	15
2.6. Maduración	17
2.6.1. Cambios físicos y químicos ocurridos en el proceso de maduración.....	21
2.7. Almacenamiento	25
2.7.1. Refrigeración	26
2.7.2. Temperatura Ambiente.....	27
2.8. Calidad del fruto para comercialización.....	27
2.9. Modelado probabilístico aplicado a determinación de calidad en alimentos	28
2.9.1. Modelos probabilísticos aplicados en postcosecha	30
CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1. Obtención de muestra	32
3.2. Almacenamiento	33
3.3. Diseño experimental	33
3.4. Parámetros físicos para caracterización de calidad en variedades de guayaba	33
3.5. Parámetros químicos involucrados en la maduración	34

3.6. Construcción del modelo probabilístico	34
3.6.1. Modelo probabilístico aplicado a Firmeza	36
3.7. Análisis sensorial	40
3.8. Análisis estadístico	41
3.9. Software utilizado	41
CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. Parámetros físicos para caracterización de calidad en variedades de guayaba	42
4.2. Color	43
4.3. Evolución de parámetros fisicoquímicos durante periodo de almacenamiento. Base del modelo probabilístico.	48
4.4. Velocidad de maduración derivado del modelo probabilístico.	51
4.4.1. Almacenamiento en Refrigeración.....	51
4.4.2. Almacenamiento en Temperatura Ambiente.	55
4.4.3. Comparación de tasa de cambio de parámetros fisicoquímicos por variedad y condición de almacenamiento.....	59
4.5. Análisis sensorial	63
4.6. Resumen de resultados.....	64
4.7. Sugerencias de comercialización de variedades de guayaba.....	65
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS	73
ANEXO 1. DEFINICION DE TÉRMINOS: VARIEDAD Y CULTIVAR.....	73
ANEXO 2. COLOR	75
ANEXO 3. EVOLUCIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DURANTE PERIODO DE ALMACENAMIENTO. BASE DEL MODELO PROBABILÍSTICO.	80
ANEXO 4. ANÁLISIS SENSORIAL	87
ANEXO 5. PUBLICACIONES	96

Índice de figuras

Figura 1. Variedad Calvillo S-XXI	10
Figura 2. Variedad Huejucar	11
Figura 3. Variedad HidroZac.....	11
Figura 4. Variedad Caxcana	12
Figura 5. Variedad Merita.....	12
Figura 6. Escala de colores de maduración de la guayaba.....	22
Figura 7. Espacio de color	45
Figura 8. Aspecto general de color de epicarpio en frutos de guayaba durante periodo de almacenamiento	79
Figura 9. Encuesta empleada para evaluación sensorial.	95

Índice de gráficas

Gráfica 1. Datos de producción de guayaba en México durante periodo 2000-2010	8
Gráfica 2. Principales estados productores de guayaba.....	8
Gráfica 3. Evolución de parámetros de color L, °Hue y chroma de cinco variedades de guayaba en Refrigeración	46
Gráfica 4. Evolución de parámetros de color L, °Hue y chroma de cinco variedades de guayaba a T°Ambiente	47
Gráfica 5. Velocidad de cambio de parámetros fisicoquímicos. Almacenamiento Refrigeración	55
Gráfica 6. Velocidad de cambio de parámetros fisicoquímicos. Almacenamiento T° ambiente	59
Gráfica 7. Nivel de agrado de sabor para análisis sensorial de cinco variedades de guayaba	90
Gráfica 8. Nivel de agrado de textura para análisis sensorial de cinco variedades de guayaba	92
Gráfica 9. Nivel de agrado de color de pulpa de cinco variedades de guayaba para análisis sensorial.....	94

Índice de cuadros

Cuadro 1. Aporte nutricional de la guayaba	17
Cuadro 2. Clasificación por diámetro y otras características	27
Cuadro 3. Modelos probabilísticos utilizados en postcosecha.....	31

Índice de tablas

Tabla 1. Peso, diámetros longitudinal y ecuatorial de cinco variedades de guayaba en dos condiciones de almacenamiento.....	43
Tabla 2. Valores a, b, A, B derivados del modelo probabilístico para cinco variedades de guayaba almacenadas en Refrigeración	53
Tabla 3. Variedades representadas por número en gráficas de velocidad de cambio	53
Tabla 4. Valores a, b, A, B derivados del modelo probabilístico para cinco variedades de guayaba almacenadas a T° ambiente.....	57
Tabla 5. Comparación de tasa de cambio de parámetros fisicoquímicos por variedad y condición de almacenamiento	62
Tabla 6. Parámetros de color L, °Hue, Chroma de cinco variedades de guayaba, condiciones de almacenamiento Temperatura ambiente	75
Tabla 7. Parámetros de color L, °Hue, Chroma de cinco variedades de guayaba, condiciones de almacenamiento Refrigeración.....	76
Tabla 8. Descriptores de “sabor”	91
Tabla 9. Descriptores de “textura”	92
Tabla 10. Descriptores de “color de pulpa”	94

RESUMEN

En el presente trabajo fue descrita la cinética de maduración de cinco nuevas variedades de guayaba generadas por el INIFAP, Ags. Se determinaron parámetros físicos de peso y diámetro longitudinal y ecuatorial para caracterización de variedades. Los parámetros químicos medidos que caracterizaron la maduración del fruto fueron color, SST, acidez titulable, pH, ácido ascórbico y firmeza. Las determinaciones de cada parámetro por variedad estudiada fueron realizadas siguiendo el proceso de maduración de los frutos, desde verde hasta maduro. Fueron empleadas dos diferentes condiciones de almacenamiento, Temperatura ambiente y Refrigeración. Se utilizó un diseño bifactorial 2x5 donde las condiciones de almacenamiento (con dos niveles) y las variedades de guayaba (con 5 niveles) se consideraron como factores. La cinética de maduración del fruto fue calculada utilizando el método probabilístico *Maximum likelihood*. Se corroboró el nivel de agrado de las cinco variedades de guayaba a través de un análisis sensorial. Se obtuvo que la variedad HidroZac se clasificó como calidad “extra” en base a sus dimensiones, Caxcana, Calvillo-SXXI y Huejucar como “primera” y Merita como “segunda”. En ángulo de color ($^{\circ}$ Hue) se observó que las variedades comenzaron con color de exocarpio verde y durante el periodo de almacenamiento viró a amarillo con remanentes verde. Los frutos almacenados a T° ambiente alcanzaron tonalidades amarillas, mientras que en Refrigeración no se logró la degradación total de clorofila. La cinética de maduración fue mayor para la variedad Calvillo, y menor para Merita. Huejucar presentó una acelerada tasa de cambio del parámetro Firmeza y lenta velocidad en el resto de las determinaciones, considerándose como una variedad en estado de maduración más avanzado que el resto de las selecciones. En el análisis sensorial los panelistas calificaron los atributos de sabor y textura más agradables para las variedades Merita y Calvillo-SXXI, HidroZac fue descrita como ácida. El color de pulpa mejor aceptado fue de HidroZac, variedad de pulpa rosa. Concluyendo que la variedad Merita es apta para comercializar en mercado foráneo, ya que por presentar una cinética de maduración paulatina podría trasladarse y asegurar que el fruto llegara en óptimas condiciones de consumo, además de que ésta variedad se caracterizó por ser de sabor dulce y alto contenido de ácido ascórbico. Calvillo-SXXI por presentar una cinética de

maduración acelerada podría sugerirse para mercado local, además de presentar buenos atributos de sabor y textura.

Palabras clave. Variedades guayaba, maduración, parámetros fisicoquímicos, modelado, cinética.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el fruto de guayaba se ha distribuido ampliamente en el mundo debido a su valor nutricional. México ocupa el segundo lugar en producción mundial de guayaba con 25% en donde los estados con mayor superficie cultivada son Michoacán, Aguascalientes y Zacatecas. El guayabo se desarrolla bien desde los 0 hasta los 2,000 msnm (Insuasty, *et al.* 2003), aunque la altitud media de las huertas de guayabo en las principales zonas productoras en México es de 1,200 a 1,700 msnm y una temperatura media anual de 21 a 22°C (Padilla, *et al.* 2010). La forma del fruto depende de la variedad, lo mismo que el color de la pulpa y la cáscara (González, *et al.* 2010).

El germoplasma cultivado en la región Calvillo-Cañones (Zacatecas) es conocido genéricamente con los nombres de “media china” y “china” sin embargo, varios estudios han mostrado que existe gran diversidad genética y morfológica entre y dentro de las huertas, lo cual se atribuye a los métodos de propagación que se utilizaron en el pasado. La variabilidad afecta el potencial productivo del cultivo de la guayaba, así como la uniformidad y calidad de la fruta cosechada. Estas variaciones del germoplasma pueden ser aprovechadas mediante la selección y evaluación de material que presente ventajas comparativas, por lo que de trabajos agronómicos desarrollados a lo largo de 20 años por personal investigador del INIFAP, Aqs. sobre rendimiento y calidad de selecciones de guayaba (*Psidium guajava* L.), se culminó en el registro de cinco variedades validadas ante el *Catálogo Nacional de Variedades Vegetales* evaluadas en México, denominadas: Calvillo-SXXI, Huejucar, HidroZac, Caxcana y Merita (Padilla, *et al.* 2010).

Por otro lado, es importante el uso de técnicas de conservación de los frutos durante el almacenamiento postcosecha; una de las más usadas a nivel mundial es la refrigeración, la cual minimiza los procesos fisiológicos como respiración, transpiración y producción de etileno, alargando la vida útil de los mismos, preservando la calidad y alargando su vida de anaquel (Suárez, *et al.* 2009); los modelos para estimar la vida útil de las frutas es de gran apoyo en postcosecha

puesto que proporcionan vías objetivas para medir la calidad del alimento siempre y cuando se fundamenten en el conocimiento de los mecanismos de deterioro, así como en un análisis sistemático de los resultados. El conocimiento del comportamiento de estas propiedades ante el almacenamiento del producto en diferentes condiciones, permiten establecer las mejores condiciones de conservación y comercialización (García, *et al.* 2010).

1.1. Justificación

En México existen indicadores de que el cultivo del guayabo cada día adquiere mayor importancia (Perales, *et al.* 2005), por lo que es de relevancia agronómica y comercial el cultivo y caracterización de nuevas variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.), las cuales representan una alternativa para la diversificación del mercado en fresco del fruto o para uso agroindustrial (Padilla, *et al.* 2010).

Por ser una fruta altamente perecedera, la guayaba después de ser desprendida de la planta sufre pérdidas de peso y deterioro significativos en la cadena de comercialización y reducción de su vida de anaquel por efecto del acelerado proceso de maduración, desmejorando su apariencia y calidad (García, 2010), en donde para retrasar este proceso se han utilizado prácticas de almacenamiento como el control de la temperatura y de la humedad relativa, pues el fruto debe comercializarse antes de alcanzar su estado de maduración máxima ya que se tornan tan suaves que es complicada su manipulación y transporte hacia el mercado (Hui y Barta, 2006).

Al estimar la velocidad de maduración de cada variedad, es posible sugerir aplicaciones del fruto a mercado local o foráneo en función de su vida postcosecha (Maldonado, 2011) que es propia de cada selección; por tanto, la importancia de los modelos probabilísticos para estimar la vida útil de las frutas radica en el hecho de que proporcionan herramientas para medir la calidad y determinar los límites de uso del alimento (García, 2010).

1.2. Hipótesis

Las cinco nuevas variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.) registradas presentan diferente cinética de maduración bajo las mismas condiciones ambientales.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un método de estudio para calcular la velocidad de maduración de cinco nuevas variedades de guayaba utilizando métodos probabilísticos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Almacenamiento de los frutos bajo diferentes condiciones de temperatura.
- Obtención de los parámetros fisicoquímicos que definen la maduración del fruto de guayaba durante el periodo de almacenamiento.
- Aplicación del método de modelado probabilístico de *Máxima probabilidad* para establecer la cinética de maduración de la guayaba.
- Establecimiento de sugerencias de comercialización de cada una de las variedades

1.4. Estructura de la tesis

El presente trabajo de investigación referente a maduración del fruto de guayaba consta de 5 capítulos principales, referencias bibliográficas y anexos. Cada capítulo abarca un proceso metódico y sustentado del tema en cuestión. A continuación se describe brevemente el contenido.

Capítulo 1. Consta de introducción al tema, donde se describe de manera general la importancia del cultivo de guayabo en nuestro país, así como de las desventajas que presenta el cultivo al existir gran diversidad genética dentro de los huertos. Se aborda el efecto de las condiciones de almacenamiento en frutos y de la aplicación de modelados probabilísticos en postcosecha. Posteriormente se incluye la justificación al trabajo y los objetivos a desarrollar.

Capítulo 2. Se presenta la situación del cultivo del guayabo en México y el mundo. Características agronómicas, generación y características de cinco nuevas variedades de guayaba. Se detalla el proceso de maduración y los cambios físicos y químicos involucrados. Se menciona la importancia de los modelos probabilísticos utilizados en postcosecha y sus aplicaciones.

Capítulo 3. Referente a Materiales y Métodos, donde se describe con sustento bibliográfico la manera en que fueron efectuados los ensayos y el método utilizado para análisis de resultados.

Capítulo 4. Corresponde a los resultados obtenidos, análisis y discusión de los mismos, resumen general de resultados y recomendaciones de comercialización de las cinco variedades de guayaba, ligado a ello el Capítulo 5 culmina puntualmente las conclusiones derivadas del desarrollo de capítulos previos.

Capítulo 6. Se presentan las referencias bibliográficas que sustentan la información del presente documento.

Anexos. Se encuentran definiciones, datos de color, gráficas de evolución de parámetros fisicoquímicos, desarrollo detallado del análisis sensorial y títulos de publicaciones realizadas durante el desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

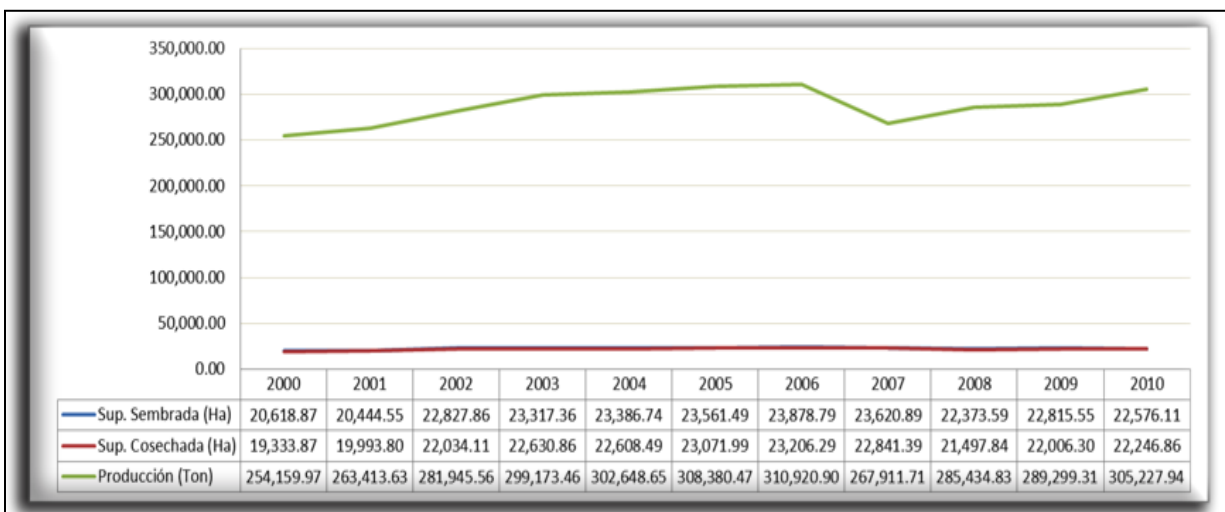
México ocupa el segundo lugar en producción mundial de guayaba con 25%, el principal productor es India, el cual junto con Pakistán producen el 50% de la producción mundial. Colombia, Egipto y Brasil aportan un 5% (González, *et al.* 2002).

2.1. El cultivo del guayabo en México

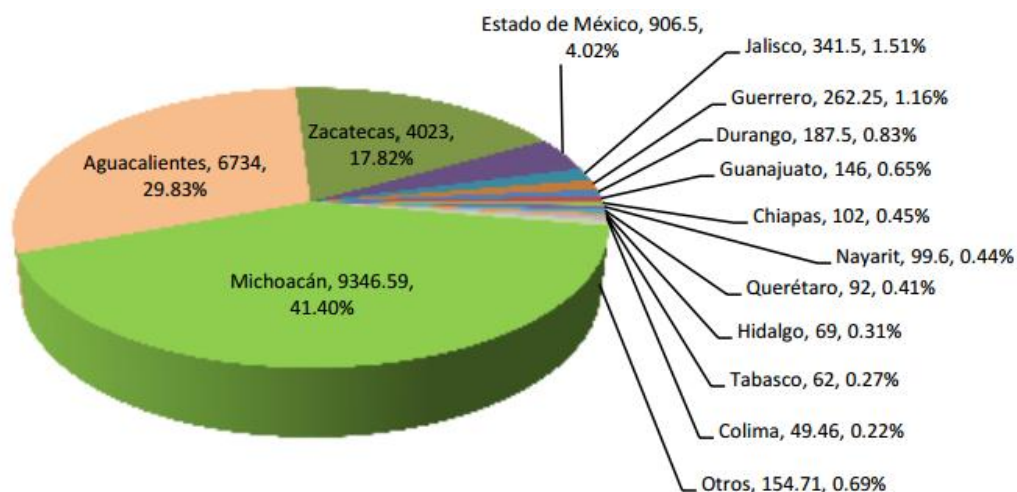
El guayabo en México se cultiva en 22 entidades del país con una superficie aproximada de 23 mil ha (Gráfica 1), los estados con mayor superficie son Michoacán, Aguascalientes y Zacatecas (Gráfica 2). La media nacional de rendimiento es de 8 ton ha⁻¹, con los máximos valores en la zona de Calvillo, Aguascalientes con alrededor de 17.8 ton ha⁻¹ (SAGARPA-SIAP, 2012).

La principal zona productora de guayaba compacta, la región de Calvillo (Aguascalientes)- Cañones (Zacatecas), se ubica en clima semiseco-semicálido con presencia de heladas durante los meses de invierno, con riego proveniente de pozos profundos y presas. La zona se estableció hace más de 100 años en Calvillo y en los años 50's se expandió hacia la zona del Cañón del Juchipila en Zacatecas (Mata y Rodríguez, 1990), buscando áreas libres de heladas para obtener fruta fuera de temporada (junio-agosto); sin embargo, los altos costos de extracción del agua (40% costo total de producción) bajan la rentabilidad, lo cual promovió el florecimiento de la región productora del oriente de Michoacán en la década de los 90's principalmente en los municipios de Zitácuaro, Jungapeo y Benito Juárez, donde la superficie establecida con guayabo pasó de 2,500 ha en 1996 a más de 9,000 ha en menos de una década (Padilla *et al.*, 2007; SIAP,2012).

A nivel comercial existe una amplia diversidad fenotípica y genética, entre y dentro de huertos, dando como resultado una diversidad de formas y calidades de frutos (Perales y Silguero, 1995) que se conocen genéricamente como tipos “media china” y “china”, ya que no se disponía en México de variedades comerciales.



Gráfica 1. Datos de producción de guayaba en México durante periodo 2000-2010 (SAGARPA, 2012)



Gráfica 2. Principales estados productores de guayaba (Ha), 2010 (SAGARPA-SIAP, 2012)

2.2. Estudios sobre material genético de guayaba

El guayabo es un buen espécimen para el mejoramiento de plantas, debido a que sus flores son de un tamaño de fácil manipulación. El mejoramiento genético por medio de la selección es una actividad que se ha realizado en la mayoría de los países donde se cultiva la especie, ya sea porque disponen de ella al ser centro de origen, o por haberla introducido (Mata y Rodríguez, 1990).

Durante los años 80's se realizaron recorridos en la zona productora Calvillo-Cañones, con la finalidad de seleccionar y evaluar técnicamente el material criollo presente en los huertos de guayaba establecidos en la región. En 1990 se estableció en el Sitio Experimental "Los Cañones" del INIFAP, en Huanusco, Zacatecas, un banco de germoplasma con 126 árboles individuales que fueron evaluados productivamente durante seis ciclos. De este grupo se seleccionaron los materiales más sobresalientes que se evaluaron por dos años, ya bajo un diseño experimental, y en forma paralela se inicio el proceso de caracterización morfológica (Padilla *et al.*, 2002).

Después de determinar la estabilidad productiva y fenotípica del material genético, se propusieron para su registro cinco materiales considerando los descriptores de "The International Union for the Protection of New Varieties of Plants" (UPOV) para guayaba, registrándose las variedades (ver Anexo 1) con los nombres de: Huejucar, HidroZac, Calvillo-SXXI, Caxcana y Merita.

A partir del año 2005, se inició un proyecto auspiciado por el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI), el cual pertenece al Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas (SNICS), con la finalidad de rescatar el germoplasma de guayaba nativo de México, mediante recorridos zonales en las diferentes entidades del país. El material detectado se colecta, propaga y caracteriza morfológicamente una vez que se incluye en la colección "ex situ" del INIFAP. El material propagado es evaluado productivamente y caracterizado

fenotípicamente. En estas accesiones se encuentran materiales de diferentes formas de fruto, color de pulpa y peso de fruto, y material introducido de diferentes regiones del mundo entre otros (Padilla y González, 2010).

2.2.1. Nuevas Variedades de guayaba (Psidium guajava L.) registradas

Calvillo-SXXI: Variedad de guayaba de pulpa crema, obtenida por el método de selección individual de huertas comerciales de la región Calvillo-Cañones (Fig.1). Fruto de forma ovoide de 60 a 80g, de 4.5-5 cm de diámetro ecuatorial y un promedio de 12-14°Brix. La época de producción es de octubre a diciembre y un periodo de 145 a 155 días de flor a inicio de cosecha. Produce frutos similares a los tipo “media china”, los cuales tienen aceptación para consumo en fresco o bien para agroindustria. La variedad Calvillo-SXXI tuvo un rendimiento durante tres ciclos de producción, de 30.4ton ha⁻¹. Fue registrada por el INIFAP ante el Catalogo Nacional de Variedades Vegetales, quedando con el registro No.GUA-005-160709 (Padilla, *et al.* 2010).



Figura 1. Variedad Calvillo S-XXI

Huejucar: Variedad de pulpa jaspeada rosa pálido-crema, obtenida por el método de selección individual de huertas comerciales de la región Calvillo-Cañones (Fig.2). Fruto de forma ovoide de 80 a 100g, de 4.8-5.8 cm de diámetro ecuatorial y de 12-14°Brix. La época de producción es de octubre a diciembre, con un periodo de 135 a 145 días de flor a inicio de cosecha. La variedad Huejucar, por su color de pulpa, representa una alternativa para la diversificación de los nichos de mercado para consumo en fresco o para la agroindustria. Su rendimiento promedio durante tres ciclos de producción, fue de 36.3 ton ha⁻¹. Ésta variedad fue

registrada por el INIFAP ante el Catalogo Nacional de Variedades Vegetales, quedando con el registro No.GUA-001-160709 (Padilla, *et al.* 2010).



Figura 2. Variedad Huejucar

HidroZac: Variedad de pulpa rosa, obtenida por el método de selección individual de huertas comerciales de la región Calvillo-Cañones (Fig.3). Fruto de forma aperada de 90 a 110g, de 5.0 a 5.5 cm de diámetro ecuatorial y de 11-13°Brix. La época de producción es de noviembre a diciembre, con un periodo de cosecha tardío, de 170 a 185 días de flor a inicio de cosecha. La variedad HidroZac, por su tamaño de fruto y color de pulpa, representa una alternativa para la diversificación del mercado en fresco de la guayaba o bien para uso agroindustrial. Su rendimiento promedio durante tres ciclos de producción fue de 22.9 ton ha⁻¹. Fue registrada por el INIFAP ante el Catalogo Nacional de Variedades Vegetales, quedando con el registro No.GUA-002-160709 (Padilla, *et al.* 2010).



Figura 3. Variedad HidroZac

Caxcana: Variedad de guayaba de pulpa blanca (Fig.4), obtenida por el método de selección individual de huertas comerciales de la región Calvillo-Cañones. Fruto de forma redonda, de 75 a 95g, de 4.8 a 5.5 cm de diámetro ecuatorial y de 11 a 13°Brix. La época de cosecha es de octubre a diciembre, con un periodo de 145 a 155 días de flor a inicio de cosecha. La variedad Caxcana, por su color de pulpa,

representa una alternativa para la diversificación de los nichos de mercado para consumo en fresco o para la agroindustria. Su rendimiento promedio durante tres ciclos de producción fue de 21.6 ton ha⁻¹. Fue registrada por el INIFAP ante el Catalogo Nacional de Variedades Vegetales, quedando con el registro No.GUA-003-160709(Padilla, *et al.* 2010).



Figura 4. Variedad Caxcana

Merita: Variedad de guayaba de pulpa crema (Fig.5), obtenida por el método de selección individual de huertas comerciales de la región Calvillo-Cañones. Fruto de forma ovoide, de 60 a 80g, de 4.5 a 5.0cm de diámetro ecuatorial y de 12-14°Brix. La época de cosecha es de octubre a diciembre, con un periodo de 145 a 155 días de flor a inicio de cosecha. La variedad Merita produce frutos similares a los del tipo “media china”, los cuales tienen una gran aceptación por los consumidores, dado su aroma, sabor y consistencia. Su rendimiento promedio durante tres ciclos de producción fue de 30.5 ton ha⁻¹. Fue registrada por el INIFAP ante el Catalogo Nacional de Variedades Vegetales, quedando con el registro No.GUA-004-160709 (Padilla, *et al.* 2010).



Figura 5. Variedad Merita

Éstas cinco variedades representan una alternativa para la diversificación del mercado en fresco de la guayaba o para uso agroindustrial, pues además de

presentar buena calidad en fruto, su rendimiento fue considerado como alto si se le compara con la del tipo “media china” que presentó un rendimiento promedio de 9.4 ton ha⁻¹ durante tres ciclos de producción.

2.3. Condiciones agroclimáticas de adaptación del guayabo

Al guayabo se le cultiva en forma comercial en países con regiones ubicadas en el rango comprendido entre los 25 y 30 grados de altitud Norte y Sur.

Respecto a los requerimientos climáticos del guayabo, se ha demostrado que la planta prospera tanto en climas húmedos como en climas secos. Con todo, debido a la sensibilidad del guayabo a las bajas temperaturas, las áreas por debajo de los 1,000 msnm de altitud parecen más apropiados para la producción comercial, aún y cuando en México se le encuentra cultivado hasta los 1,700 msnm de altitud en Calvillo, Ags. y 1,500 msnm en Juchipila, Zac. Principales regiones productoras en tanto que el resto de las zonas donde se cultiva comercialmente, van desde los 1,200 msnm en Talpa de Allende, Jal., 1,430 msnm en Jungapeo, Michoacán, hasta los 1,450 msnm en Coatepec de Harinas, Estado de México (Mata y Rodríguez, 1990).

La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo del guayabo con buena producción y calidad del fruto se encuentra entre los 18 y 30°C. Estos valores de temperatura están dentro del rango observado en las principales zonas guayaberas de México, donde la temperatura media anual fluctúa entre los 20 y 23°C y la temperatura máximo promedio está entre los 29 y 32°C (Perales, *et al.* 2005) Es sensible a bajas temperaturas; las plantas jóvenes pueden morir a temperaturas de -1.7°C, mientras que los árboles maduros toleran periodos cortos a -3.3°C (Mata y Rodríguez, 1990).

El guayabo se desarrolla mejor en clima seco; sin embargo, son mejores las áreas secas que reciban una lluvia que no exceda los 1,000mm. Se recomienda cultivarlo con climas de verano con una precipitación media anual entre 1 000 y 2 000 mm y de invierno moderado. Puede prosperar en condiciones de mayor

humedad, pero disminuye la calidad de la fruta, a pesar de que presenta un crecimiento normal en regiones donde la precipitación varía de 100 a 4500 mm por año. El guayabo es más resistente a la sequía que la mayoría de los árboles frutales tropicales.

El guayabo produce mejor en áreas donde el invierno es marcado, en comparación a regiones tropicales; puede ser afectado severamente por temperaturas de sólo unos cuantos grados bajo cero (Perales, *et al.* 2005).

En cuanto al tipo de suelo, el guayabo puede adaptarse bien en suelos de textura arcillosa hasta suelos arenosos, éstos últimos por su menor capacidad de retención de humedad, requieren de riegos más frecuentes (Perales, *et al.* 2005).

El rango de pH donde puede prosperar va desde suelos ácidos (pH=4.5), hasta suelos alcalinos (pH=9.4). Suelos con buen drenaje son preferidos, no obstante se han observado plantas de guayabo desarrollándose espontáneamente en terrenos con mantos freáticos muy superficiales (Perales, *et al.* 2005).

2.4. Clasificación botánica y fenología de la guayaba

La guayaba pertenece a la familia de las Myrtaceae la cual es grande, ya que agrupa 75 géneros y cerca de 2,750 especies de arbustos y árboles caracterizados por flores con estambres numerosos y hojas claramente punteadas. Numerosas plantas de ésta familia son de importancia económica y éstas incluyen al clavo de olor (*Eugenia caryophyllus*); pimienta inglesa (*Pimenta dioica* (L.) Merril); myrica de aceite (*Pimenta acris* Kostel.); el eucalipto (*Eucalyptus* spp.); la araza (*Eugenia stipita* subsp. *Sororia* McVaugh); la guayaba cattley roja (*Psidium cattleianum* Sabine); la guayaba cattley amarilla (*P. cattleianum* f. *lucidum* Degener), entre otras (Mendoza, *et al.* 2004).

El nombre genérico de la guayaba "*Psidium*" proviene del griego psidion que significa granada, por la aparente semejanza de los frutos. En tanto que el nombre específico o común de guayaba "*guajava*" es una palabra indígena que se origina de la voz haitiana *gyayaba* (Perales, *et al.* 2005).

Es importante conocer la dinámica de crecimiento del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.), con objeto de proporcionar las condiciones adecuadas y lograr un óptimo desarrollo y calidad del fruto (González, *et al.* 2002).

Los cambios en el peso y volumen del fruto incrementan moderadamente hasta los primeros 50 días posteriores a la floración, el proceso acelera hasta los 100 días, y decrece nuevamente hasta la madurez del mismo, llevándose a cabo lentamente (Hui and Barta. 2006).

El fruto de la guayaba presenta una curva de crecimiento “doble sigmoide” con tres características:

Fase I. El fruto presenta un rápido incremento en diámetro y peso.

Fase II. Se caracteriza por el lento cambio en el diámetro y peso.

Fase III. El crecimiento del fruto se reanuda y alcanza su tamaño final (González, *et al.* 2002).

Estas fases de crecimiento son debidas a la interacción de la planta con factores tanto externos (luz, nutrientes, agua, temperatura) como internos (hormonas). Las hormonas vegetales o fitohormonas son sustancias sintetizadas en un determinado lugar de la planta y que se translocan a otro donde actúan a muy bajas concentraciones, regulando el crecimiento, desarrollo, reproducción y otras funciones de la planta (Rojas, *et al.* 1996).

2.5. Descripción del fruto

El fruto de la guayaba es una baya esférica, globulosa, elipsoidal o piriforme; sus dimensiones varían enormemente de una variedad a otra, es averrugado o liso, densamente punteado, brillante, cm 5 a 12 cm de largo y 5 a 7cm de ancho (Mata y Rodríguez, 1990). Puede presentar un peso entre 60 y 500 gramos por pieza y un pH ácido entre 3.4-4.2 (Perales, *et al.* 2005).

La composición de los azúcares varía ampliamente en el fruto; sin embargo la fructosa es el principal azúcar y otros como la glucosa y la sacarosa son menos abundantes. La fructosa es el carbohidrato más abundante en frutos maduros, mientras que la sacarosa en frutos sobremaduros (Cañizares, *et al.* 2003).

El pericarpio presenta un color amarillo verdoso y amarillo claro en su plena madurez; en algunos tipos de fruto se distingue un tinte ligeramente rosado en el lado expuesto.

El color del mesocarpio es variable: puede ser blanco, blanco amarillento, rosado, amarillo, naranja y salmón dependiendo de la presencia de carotenoides, licopeno y β -caroteno (Hui and Barta. 2006).

El fruto varía de casco delgado con muchas semillas a casco grueso con pocas semillas. Por otro lado, el contenido de pulpa está en función de la variedad, ya que existen algunas selecciones que no poseen semilla lo cual reviste gran importancia para la industrialización.

En la epidermis y el mesocarpio se hallan células duras, escléridas, solas o en grupos, que le dan la consistencia arenosa característica, en el centro se encuentra una masa de material pulposo, donde se encuentran depositadas las semillas. En el ovario generalmente hay cuatro lóculos con abundantes semillas.

El fruto es una buena fuente de minerales como fósforo, hierro y calcio, así mismo de vitaminas importantes como ácido ascórbico (vitamina C), niacina, ácido pantoténico, tiamina, riboflavina y vitamina A (Cuadro 1)

Nutriente	Requerimientos diarios	Aporte de 100 g de Guayaba
Carbohidratos	300-375 g	5-10 g de azúcares
Fibra	20-35 gr	2.8 gr
Vitamina C	75-100 mg	200-500 mg
Vitamina A	5000 unidades	250-400 unidades
Ca	Bebés: 400-600 mg Niños: 800-1200 mg Adolescentes: 1200-1500 mg Mujeres: 1000 mg (embarazadas: 1200-1500 mg) Hombres: 1000-1500 mg	9-25 mg
Fe	Bebés: 6 mg Niños: 10 mg Mujeres: 15 mg (embarazadas: 30 mg) Hombres: 12 mg	0.3-0.9 mg
K	2-6 gr	0.15-0.3 gr
Na	1000-3000 mg	3-5.5 mg
Mg	Bebés: 50 mg Niños: 270 mg Mujeres: 280 mg Hombres: 350 mg	7-11 mg
Cu	Bebés: 0.5-1 mg Niños: 1-2 mg Adultos: 2 mg	0.2 mg

Cuadro 1. Aporte nutricional de la guayaba (Perales, et al. 2005)

2.6. Maduración

La maduración se define como el conjunto de cambios externos, de sabor y textura que un fruto experimenta cuando completa su crecimiento, ésta fase de desarrollo incluye procesos como la coloración del pericarpo, el descenso en el contenido de almidón, el incremento de la concentración de azúcares, la reducción en la concentración de ácidos y la pérdida de firmeza, junto a otros cambios físicos

y químicos como sabor, aroma, y sensibilización al desarrollo microbiano (Azcón y Talón, 2008).

Entre los organelos celulares, se registran cambios profundos en los plastos. Los cloroplastos se transforman en cromoplastos, cambiando el color de los frutos no maduros a una gran diversidad de colores. La intensa actividad metabólica que se desarrolla en la maduración es indicada por los cambios estructurales en los cloroplastos. La estructura general de los mitocondrios se mantiene durante la maduración y puede ocurrir una descomposición considerable de ellos, solo en el periodo postclimatérico de demasiada madurez.

Durante las últimas etapas de la maduración hay una síntesis marcada de carotenoides. En las plantas, los pigmentos carotenoides son principalmente β -caroteno y sus derivados. Al igual que en la mayoría de los frutos, el cambio de color verde a amarillo en guayaba, se caracteriza por la pérdida de clorofila y la aparición de pigmentos carotenoides. Mientras están verdes, se efectúa cierta fotosíntesis en el flavedo impregnado de clorofila, pero esto no contribuye mucho a la acumulación de azúcar en el fruto. La disminución de la clorofila puede continuar por algún tiempo. La síntesis de carotenoides se presenta después de la iniciación de la producción de color (Pantástico, 1977).

Superada esta fase, el fruto pierde turgencia, aumenta su sensibilidad a las condiciones del medio, pierde el control metabólico e inicia su senescencia. Esta puede ser pospuesta tanto antes como después de la recolección; pero el fruto, como todo órgano vivo, es mortal, aunque sus semillas, si las posee, sobreviven y perpetúan la especie.

El proceso de maduración varía según los frutos; a efectos del proceso de maduración, es posible agruparlos en dos grandes grupos según su comportamiento fisiológico. Unos acumulan almidón durante su crecimiento y, en la maduración, lo hidrolizan a monosacáridos, glucosa y fructosa sobre todo; como ello exige una gran cantidad de energía, en estos frutos la maduración se caracteriza por un aumento en la respiración. Otros acumulan directamente

monosacáridos durante su crecimiento, y por tanto, durante la maduración no experimentan incrementos significativos de su tasa respiratoria. Los del primer grupo se denominan “frutos climatéricos” y entre ellos se encuentran además de otros frutos, la guayaba.

Los del segundo grupo son frutos “no climatéricos” (Azcón y Talón, 2008).

a) Frutos climatéricos

Los cambios en el desarrollo ocurren tanto en frutos climatéricos como no climatéricos; aunque el nivel de etileno y la respuesta a esta hormona son diferentes en cada caso (Borsani, *et al.* 2009).

Se ha reportado que en frutos climatéricos ocurre al inicio de la maduración un aumento en la respiración. Posteriormente, el fruto madura, envejece y finalmente sus tejidos se desintegran. Este fenómeno de la respiración acelerada precedente en la maduración se ha denominado “climaterio” y los frutos en los cuales ocurre “frutos climatéricos” como en el caso de la guayaba. El climaterio con típico incremento temporal de la respiración se ha observado también en las hojas que envejecen.

Los frutos de ambos grupos (climatéricos y no climatéricos) producen etileno durante todo el tiempo de su desarrollo, pero solamente en los climatéricos ocurre un aumento marcado en la producción de etileno en el periodo, que en general coincide con la aceleración climatérica de la respiración. En frutos climatéricos, cuanto más alta es la concentración del etileno en la atmósfera, más temprano ocurre la aceleración de la respiración y el incremento de la producción del etileno. Esto resulta en una maduración más temprana. También cuanto más cercanos a la maduración son los frutos, más corto tiempo ocurre la reacción del etileno. Estas observaciones indican que la sensibilidad de los tejidos al etileno aumenta a medida que los frutos se acercan a la maduración.

Se considera, que el etileno regula la maduración coordinando la expresión de toda la escala de genes responsables para el aumento de la tasa de respiración, producción autocatalítica del etileno, descomposición de la clorofila, síntesis de carotenoides, transformación del almidón en los azúcares, estimulación de las enzimas que degradan la pared celular, etc. (Jankiewicz, 2003).

Algunas definiciones sobre el concepto de la madurez de frutos climatéricos como la guayaba son:

a) Fruto inmaduro: Es aquel que no ha alcanzado un grado de desarrollo que le permita madurar satisfactoriamente al ser separado de la planta madre y se le brinden las condiciones apropiadas de temperatura y humedad relativa. Al cosechar frutos en este estado se obtendrá por lo regular baja calidad, maduración irregular, pérdida de peso y mayor susceptibilidad a daño por frío en frutos sensibles como la guayaba (González *et al.* 2002)

b) Fruto en madurez fisiológica: En esta etapa el fruto ha alcanzado un grado de desarrollo que le permitirá madurar satisfactoriamente al ser separado de la planta madre, si se le brindan las condiciones adecuadas.

c) Madurez: Es el estado en el cual el fruto ha alcanzado un suficiente estado de desarrollo que luego de la cosecha y manejo poscosecha, su calidad será al menos la mínima aceptable para el consumidor. Un grado avanzado a la maduración óptima puede ocasionar un menor periodo de almacenamiento, se afecta el color y sabor, disminuye el valor comercial y se aumenta la susceptibilidad al desarrollo de enfermedades (González *et al.* 2002).

La maduración de las frutas es el proceso por el cual adquieren las características que las hacen aptas para ser comestibles, y consideran dos tipos:

a) Fisiológica: que suele iniciarse antes de que termine el crecimiento y sin la cual es imposible conseguir la maduración percibida por los sentidos;

b) Sensorial: ésta se alcanza cuando se adquieren las características de color, olor, textura, sabor, etc. específicas del fruto, este proceso comienza durante las etapas finales de la maduración fisiológica y termina antes de la senescencia.

Debido a que en muchos frutos no son tan evidentes los cambios entre estas formas de madurez, incluso es difícil separar la madurez fisiológica de la inmadurez, se han desarrollado índices de cosecha. Un índice de cosecha es cualquier cambio en el fruto que facilite la decisión de cosecharlo oportunamente. Los índices de cosecha pueden ser: *a) Visibles*: color, tamaño, forma, presencia de hojas secas externas, secado del follaje, etc. *b) Físicos*: abscisión, contenido de almidón. *c) Químicos*: acidez, sólidos solubles, azúcares, contenido de almidón; *d) Computación*: número de días desde la floración u otra etapa fenológica, acumulación de unidades calor, y *e) Fisiológicos*: tasa de respiración, contenido de etileno interno (González *et al.* 2002).

2.6.1. Cambios físicos y químicos ocurridos en el proceso de maduración

a) Escala de colores de maduración.

La escala de colores de maduración de la guayaba (Fig.6) incluye las siguientes cinco clasificaciones:

Completamente verde: El color externo es un verde intenso. En esta etapa, el fruto está en proceso de terminar con el crecimiento y alcanza su máximo tamaño, tiene una gran firmeza (González *et al.* 2002), si los frutos son colectados verdes no maduran con normalidad, necesitan estar conectados a la planta para completar su maduración (Azcón y Talón, 2008).

Verde claro: El color verde se vuelve menos intenso de manera general en toda la superficie del fruto, el cual está en madurez fisiológica, la firmeza es alta.

Verde con amarillo: El color amarillo empieza a notarse en la parte de la superficie del fruto, pero no rebasa el 50% de su superficie. La firmeza disminuye ligeramente, en comparación a las dos etapas anteriores. El fruto está en proceso de alcanzar las características de color, sabor, textura, aroma, etc. típicas de la guayaba.

Amarillo con verde: El color amarillo empieza a dominar y éste se observa en el 50% de la superficie del fruto.

Completamente amarillo: El aspecto del fruto es de un amarillo brillante, al firmeza es menor que en todas las etapas anteriores. El fruto expresa las características típicas de la especie(González *et al.* 2002).



Figura 6. Escala de colores de maduración de la guayaba

b) Características de Textura.

La textura en alimentos es definida como la sensación general que da el alimento en la boca y que comprende propiedades que pueden ser evaluadas por el tacto. Los componentes bioquímicos, tales como el contenido de lípidos, composición de la pared celular, forma y tamaño de las partículas, contenido de humedad y factores mecánicos, contribuyen a la textura del fruto.

La textura se puede determinar por dos métodos: subjetivo (evaluación humana) y objetivo (instrumentos cuantitativos como cortadora o medidores de presión) (Pantástico, 1979).

La textura se ve afectada por un sin número de factores, tanto abióticos (temperatura, humedad relativa y disponibilidad de nutrientes) como genéticos (cultivar). Aún dentro de un cultivar a menudo hay diferencia en la textura asociadas con la madurez en el momento de la cosecha (Sams, 1999).

Fisiológicamente, la textura de las frutas y hortalizas depende de la turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células, la presencia de tejidos de sostén y de la composición de la planta. La turgencia es producida por la presión del contenido celular sobre la pared de la célula. Depende de la concentración de sustancias osmóticamente activas en la vacuola, la permeabilidad del protoplasma y de la elasticidad de la pared celular. Las paredes celulares, que son holopermeables, fácilmente son vueltas túrgidas o flácidas, dependiendo de los cambios en volumen de la célula. Con paredes celulares rígidas y fuertes, se mantiene una textura firme. Las células de paredes gruesas forman tejidos fibrosos y resistentes (Pantástico, 1979).

Los tejidos de sostén hacen variar la firmeza de frutas y hortalizas. Con la diferenciación de las células de colénquima y del esclerénquima, se mantienen diferentes texturas. La combinación de las dos células hace que la parte de la planta se vuelva dura. Los grupos de escleridas dan una textura granular a la epidermis del fruto y a su pulpa, como en la guayaba.

Las células pequeñas, con espacios intracelulares escasos o pequeños, producen una textura compacta. Las células grandes, con frecuencia con espacios intercelulares grandes, dan lugar a una textura gruesa o esponjosa.

La cohesión de las células depende de la cantidad y la calidad de las sustancias pécticas. La maduración aumenta las pectinas solubles en agua y disminuye las fracciones insolubles, dando por resultado una fácil separación de las células. Dependiendo del grado de separación de éstas, sin embargo, en algunas frutas se

presenta una retención elevada de pectinas insolubles y mantienen su firmeza aún cuando están maduras. La disminución resultante en firmeza está relacionada también con la formación de las pectinas solubles.

De todos los componentes intracelulares, se considera que el almidón es el más importante respecto a la textura (Pantástico, 1979).

c) Acidez y pH.

La acidez titulable aumenta uniformemente y con rapidez, desde el cuajado del fruto hasta su maduración; la acidez total tiende a disminuir con el desarrollo del fruto, y después se incrementa firmemente (Mata y Rodríguez, 1990).

Principalmente los ácidos cítrico, málico, glicólico, tartárico y láctico contribuyen al grado de acidez de la guayaba(Hui and Barta, 2006).

Existe una relación inversa entre el contenido de azúcares y los ácidos orgánicos durante el avance de la maduración, ya que mientras el contenido de azúcares aumenta, la acidez disminuye; ello es consecuencia de su dilución, provocada por la acumulación de agua, y de su metabolismo (respiración) (Azón y Talón, 2008), o bien, debido a que éstos ácidos son convertidos en azúcares (Trivedi, 2006).

Aunado al cambio de acidez en el fruto se encuentra el pH, el cual se incrementa mientras que la acidez disminuye durante la maduración (Trivedi, 2006).

d) Azúcares:

De los azúcares presentes, la fructosa aumenta rápidamente pero la glucosa se acumula lentamente. (Hui and Barta, 2006) El fruto contiene cantidades, en orden decreciente, de fructosa de 5.6% a 7.7%, glucosa de 1.9% a 18.1% y sacarosa de 6.2% a 7.8% (Mata y Rodríguez, 1990); además se puede apreciar que la fructosa, la glucosa y la sacarosa se incrementan conforme se aproxima la madurez de la

fruta(Mata y Rodríguez, 1990); se han reportado elevados contenidos de fructosa en frutos maduros, disminuyendo en frutos sobremaduros, pero ocurriendo un comportamiento inverso con los contenidos de sacarosa. Se debe considerar que la cantidad y/o proporción de los azúcares está determinada por cultivar, condiciones climáticas y manejo agronómico, entre otras (Laguado y Marín, 2004).

e) Sólidos solubles totales (SST).

Los SST presentan un incremento gradual desde los 90 hasta los 150 días de maduración (Trivedi, 2006). Estos azúcares representan, finalmente, entre el 1.5 y el 5% del peso total del fruto. Reciben el nombre genérico de Sólidos Solubles Totales. En la práctica, se determinan por refractometría y se expresan en °Brix (Azcón y Talón, 2008) .El nivel de SST en guayaba oscila de 10.5% a 12.5%.

2.7. Almacenamiento

Si la producción agrícola ha de almacenarse, es importante que el producto de partida sea de primera calidad. El lote a almacenar debe estar libre de daños o defectos y los recipientes que lo contengan deberán estar bien ventilados y ser lo suficientemente resistentes para soportar el apilado. En general, unas prácticas adecuadas de almacenamiento incluyen el control de la temperatura, de la humedad relativa, de la circulación del aire y del espacio entre las cajas para una ventilación adecuada, así como evitar una mezcla de artículos incompatibles (Kitinoja y Kader, 1995).

Los productos que se almacenan juntos deberán tolerar la misma temperatura, humedad relativa y nivel de etileno en el ambiente de almacenamiento (Kitinoja y Kader, 1995).

La selección de la temperatura de almacenamiento de los frutos va a depender del estado de madurez de los mismos, cuando está fisiológicamente maduro, es más

susceptible a sufrir daños que uno en madurez organoléptica en el almacenamiento (Suárez, *et al.* 2009).

2.7.1.Refrigeración

Durante el periodo entre la cosecha y el consumo, el control de temperatura es el factor más importante para mantener la calidad de los productos (Kitinoja y Kader, 1995). La refrigeración es una de las técnicas de conservación más utilizadas a nivel mundial, por lo general si durante el almacenamiento se mantiene una temperatura óptima y humedad elevada, es el mejor método para prolongar la vida de almacén o vida de anaquel (Pantástico, 1977). Cuando se separan de la planta madre, las frutas, hortalizas y flores son aún tejidos vivos que respiran. La conservación del producto a la temperatura más baja posible (0°C para cultivos templados ó 10-12 C para los tropicales o subtropicales sensibles a daño por frío) aumentará la vida útil del mismo, ya que las temperaturas bajas disminuyen la tasa de respiración y la sensibilidad al etileno, reduciendo además la pérdida de agua (Kitinoja y Kader, 1995) y controlando el crecimiento de muchas bacterias y hongos que producen deterioro, de esta manera se retardan también los procesos de maduración, senescencia y la producción de calor (Suárez, *et al.* 2009).

Es importante evitar el daño por frío, dado que los síntomas incluyen: incapacidad para madurar, desarrollo de "picado" o áreas deprimidas, pardeamiento, aumento de la susceptibilidad a la pudrición y desarrollo de sabores desagradables (Kitinoja y Kader, 1995).

2.7.2. Temperatura Ambiente

Las temperaturas óptimas para una maduración pareja y el desarrollo de buen sabor, gusto excelente y color atractivo de la corteza, en la mayoría de las frutas quedan en un rango de 15 a 25°C.

Una temperatura de almacenamiento de alrededor de 24°C resulta adecuada para la preservación de la mayoría de las frutas (Pantástico, 1977).

El rango de vida útil del fruto almacenado a Temperatura ambiente se estima entre 5 y 7 días después de ser cosechada (García, *et al.* 2011; López y Mercado, 2005). En el almacenamiento, la humedad relativa elevada también preserva la calidad.

2.8. Calidad del fruto para comercialización

De acuerdo con la textura, tamaño, limpieza y sanidad de piel, olor y color, la fruta se clasifica en las siguientes calidades:

Clasificación	Diámetro (cm)	Características
Extra	5.4 o más	Es la de mayor tamaño, limpieza y consistencia; tiene sobreprecio de 20 a 25% superior a la calidad de primera. Textura firme, color y limpieza
Primera	4.3 a 5.3	
Segunda	3.0 a 4.2	
Tercera	Menor a 3.0	Es la de menor tamaño, de consistencia floja, manchas ocasionadas por plagas y enfermedades como picudo y peca; en estado avanzado de maduración; se vende con un descuento de hasta 30% con relación a la guayaba de primera.

Cuadro 2. Clasificación por diámetro y otras características

El término “calidad” implica el grado de excelencia de un producto o si es idóneo para algún uso particular. La calidad es una implementación humana que comprende muchas de las propiedades o características del fruto, las cuales abarcan constituyentes químicos, valor nutricional, propiedades mecánicas, funcionales y defectos y propiedades sensoriales (apariencia, textura, sabor y aroma) (Abbot. 1999), en donde finalmente la aceptabilidad de un producto procesado o desarrollado será aprobada por un juez final: el consumidor (Rivas, 2010).

En la comercialización de las frutas es importante el poder prolongar la vida útil de la fruta y esto se hace aún más evidente en el mercado internacional, lo anterior se puede lograr por la aplicación de tecnología o mejoramiento de los procesos de cosecha. En el momento de cosechar la fruta (separación de la planta) se experimenta una interrupción del ciclo normal de suministro de agua, minerales y en general de productos orgánicos indispensables para la vida de los frutos, lo cual trae como consecuencia la iniciación del proceso de senescencia del fruto. El comercializador debe tener en cuenta que no todas las frutas siguen el mismo proceso y tienen los mismos tiempos de degradación, por eso es importante que la persona que vaya a comercializar frutas conozca de cada variedad sus condiciones de maduración, cosecha y manejo poscosecha, para hacer de la comercialización un negocio más rentable y menos riesgoso (Areiza, 1999).

2.9. Modelado probabilístico aplicado a determinación de calidad en alimentos

En la actualidad, muchos científicos consideran el modelado probabilístico como una herramienta matemáticamente compleja y lejos de su alcance. De cualquier manera, el modelado es una antigua ciencia, donde cualquier conclusión basada en investigación científica, es un modelo; no un modelo matemático, pero si conceptual, generalmente aplicado de manera inconsistente y variable.

En la actualidad se ha incrementado de manera importante el uso de técnicas y capacidad tecnológica para determinación de calidad en alimentos, en conjunto con la tecnología de modelado y análisis de datos, combinando ésta información con la importancia que representa el uso del producto y el nivel de investigación y posibilidades de manufactura es evidente que la aproximación sistemática para la calidad de frutas y vegetales, manejo y modelado es de vital importancia (Tijskens y Shouten, 2009), además de implementar la disponibilidad de herramientas no destructivas para monitorear el periodo de vida del alimento (Marteen, *et al.* 2007).

El objetivo final de los modelos matemáticos es predecir el comportamiento de cualquier producto, en cualquier circunstancia, región geográfica, crecimiento o estación del año. El modelado es la nueva versión de analizar y comprender sucesos experimentales, el diseño debe permitir la transferencia de resultados experimentales o aplicaciones prácticas. El abastecimiento de alimentos, especialmente el globalizado suministro de frutas y verduras se ha vuelto cada vez más complicado debido a que la calidad del producto proveniente de diferentes áreas y condiciones de crecimiento es en ocasiones diferente de lo esperado, haciendo que las reglas generales de control de calidad no siempre sean aplicables. Los modelos tradicionales, principalmente estadísticos o empíricos no son lo suficientemente seguros para predecir la calidad del producto. Esta problemática es aplicable a las áreas de precosecha (producción de frutas y verduras) y postcosecha (ejemplo: distribución, procesamiento y comercialización). La barrera entre ambas áreas (producción y análisis de datos) necesita ampliarse, siendo importante el intercambio de ideas e información. El proceso de modelado se basa en el conocimiento de los procesos ocurridos en los cambios, es un sistema de modelaje que provee una aproximación factible para integrar áreas como pre y post- cosecha. (Tijskens y Shouten, 2009). Considerando la importancia de contar con herramientas como el modelado matemático, en el presente estudio se determinarán los parámetros fisicoquímicos de de cinco nuevas variedades de guayaba para con ello calcular la velocidad promedio de maduración del fruto mediante la aplicación del modelado de máxima probabilidad.

2.9.1. Modelos probabilísticos aplicados en postcosecha

Nombre del Modelo	Objetivo	Basado en:	Aplicaciones
Modelo de efecto mixto	<ul style="list-style-type: none"> • Concluir acerca del efecto de tratamientos experimentales concretos. • Describir el comportamiento promedio de un lote. 	Modelos <i>definido</i> y <i>aleatorio</i> (explica heterogeneidad de un lote debido a variabilidad biológica).	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de imágenes, psicología, medicina. • En industria de alimentos: estudios en dietas, precosecha y postcosecha.
Modelo de cinética estocástica	Explicar sucesos de naturaleza estocástica	<ul style="list-style-type: none"> • Ecuación algebraica de modelo cinético que contiene parámetros de naturaleza estocástica caracterizados por una función de distribución probabilística. • Variables independientes son constantes en el tiempo. • <i>Tiempo fisiológico</i> (transformación del tiempo real a la incorporación de efectos ambientales como T^0) 	Postcosecha de pepino, fresa y jitomate.
Simulación Monte Carlo	<ul style="list-style-type: none"> • Aproximar soluciones a problemas cuantitativos. • Obtener soluciones numéricas a problemas complicados de resolver analíticamente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Función de los parámetros aleatorios del modelo. • Simulaciones repetidas • Variable respuesta construida en función del tiempo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Originalmente creado para aplicación en casinos (juegos al azar) • Seguridad alimentaria y análisis de riesgos. • Calidad postcosecha • Efecto postcosecha del tratamiento con

			calor para desinfección.
Ecuación de Fokker-Planck	Conocer el comportamiento de la variable de repuesta dependiente, a través de todos los puntos de interés en el tiempo.	Ecuaciones diferenciales con variables estocásticas implícitas	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas dependientes del tiempo donde aleatoriedad es importante. • Física, aerodinámica, ingeniería mecánica (diseño de automóviles, aviones y naves espaciales) • Alimentos, suelos, modelado de flujo de aire y postcosecha.
Algoritmo de propagación de varianza	Proveer la unión de una función de densidad de probabilidad con variables estocásticas cuando el sistema dimensional es grande o el sistema es no lineal.	Aproximación de soluciones a través de la media y covarianza de las variables del sistema o parámetros.	<ul style="list-style-type: none"> • Teoría de sistemas y control. • Alimentos: explicación de eventos aleatorios como conducción térmica o procesos térmicos, almacenamiento a bajas temperaturas y modelado de la variabilidad en calidad de frutos.
Modelo de Weibull	Estimar vida útil de un producto	Criterios de ajustes, límites de confianza de aceptación y fallo.	<ul style="list-style-type: none"> • Postcosecha: Evaluación de vida útil sensorial en guayaba fresca. (García, <i>et al.</i> 2010) • Vehículos automotores (Cruz y Ertel, 2008)

Cuadro 3. Modelos probabilísticos utilizados en postcosecha (Marteen, et al. 2007)

CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

En el presente capítulo se encuentran descritos el sitio de colecta de las variedades de guayaba así como sitios de trabajo experimental y condiciones de almacenamiento de lotes de fruta. Se plantea un diseño factorial como base del diseño experimental. Los parámetros físicos y químicos desarrollados son descritos por referencias bibliográficas. Se detalla la construcción del modelo probabilístico donde el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos son considerados como funciones lineales, mientras que en el método con modificaciones para el caso Firmeza es considerado como una función exponencial. Se describe brevemente el análisis sensorial desarrollado. Finalmente se encuentran el análisis estadístico y software empleados.

3.1. Obtención de muestra

Se obtuvo fruto en estado verde de maduración, del sitio experimental "Los cañones", unidad dependiente del INIFAP ubicado en la región de Huanusco, Zacatecas. Las cinco variedades a tratar forman parte del Banco de Germoplasma de Guayabo del INIFAP; El fruto colectado se transportó a Morelia el mismo día de corte. El trabajo experimental se llevó a cabo en el laboratorio de biotecnología "Víctor Manuel Rodríguez Alcocer" de la Facultad de Químico Farmacobiología dependiente de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

3.2. Almacenamiento

Refrigeración. $9\pm 1^{\circ}\text{C}$, H.R. $85\pm 5\%$

Temperatura ambiente (T° Ambiente). $21\pm 2^{\circ}\text{C}$, H.R. $85\pm 5\%$

3.3. Diseño experimental

Diseño completamente al azar con arreglo bifactorial 2×5 para un total de diez tratamientos. Los factores a considerar fueron: condiciones de almacenamiento con dos niveles: Temperatura ambiente ($21\pm 2^{\circ}\text{C}$, H.R. $85\pm 5\%$) y Refrigeración ($9\pm 1^{\circ}\text{C}$, H.R. $85\pm 5\%$), y variedades de guayaba con cinco niveles (genotipos), para un total de 10 tratamientos.

α y β representaron las variables de respuesta, condicionadas por cada parámetro fisicoquímico ensayado.

Ensayos realizados cada tercer día con $n=6$.

3.4. Parámetros físicos para caracterización de calidad en variedades de guayaba

Tamaño (vernier, NMX-FF-009-1982). Peso (balanza analítica *Levad*, 220g).

3.5. Parámetros químicos involucrados en la maduración

Índice de color (colorímetro *ColorFlex* de *HunterLab*. Lee, et al. 2005; Ulloa, et al. 2007). Firmeza (Texturómetro *Texture Analyser* mod. TA-XT2t, Vallejo, 2011; Watada, 1995). Sólidos solubles totales (SST) (refractometría, NMX-FF-015-1982). pH (potenciómetro manual, NMX-F-317-S-1978). Acidez titulable (AT) (titulación NaOH 0.1N, NMX-FF-011-1982). Acido ascórbico (A.A) (titulación 2,6-diclorofenol indofenol, método 43.056, AOAC, 1988; Kirk, 2002).

3.6. Construcción del modelo probabilístico

El análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos consiste en la estimación de la velocidad promedio de cambio del parámetro químico x , el cual caracteriza la maduración de fruta (SST, % de ácido cítrico, pH, textura, % de ácido ascórbico, color, etc.).

La dependencia del tiempo del parámetro x puede ser aproximada por la siguiente función lineal:

$$x(t) = at + b, \quad (1)$$

donde a es la velocidad promedio de cambio del parámetro x (velocidad de maduración) y b es el valor inicial del parámetro x , es decir, $b = x(0)$. Los parámetros a y b son variables aleatorias.

Uno de los métodos apropiados para la estimación de los parámetros a y b es el método de máxima probabilidad ó *the maximum likelihood method* (ML) (Gnedenko, 1963). La función de distribución $j(a, b)$ de los parámetros a y b fue considerada según la distribución normal:

$$j(a, b) = \frac{1}{2\pi AB} \exp\left\{-\frac{(a - \bar{a})^2}{2A^2} - \frac{(b - \bar{b})^2}{2B^2}\right\}, \quad (2)$$

En donde los parámetros a y b son variables aleatorias, entonces, el parámetro x también es una variable, y la ecuación (1) representa un proceso estocástico. La función de distribución $f(x,t)$ de la variable x puede ser calculada en virtud de (1) y (2) como sigue:

$$f(x,t|a,b,A,B) = \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(\alpha, x-at) d\alpha = \frac{1}{\sqrt{2\pi(A^2t^2 + B^2)}} \exp\left(-\frac{(x-at-b)^2}{2(A^2t^2 + B^2)}\right). \quad (3)$$

donde la notación $f(x,t|a,b,A,B)$ significa la función de distribución condicional dados los parámetros a , b , A y B . Podemos probar que la función de distribución satisface la ecuación de Focker-Plank. Por lo tanto $\xi(t)$ es un proceso estocástico de Markov generalizado.

Supongamos que el parámetro ξ medido es $x_1^{(1)}, x_2^{(1)}, \dots, x_{n_1}^{(1)}$ en el momento t_1 , $x_1^{(2)}, x_2^{(2)}, \dots, x_{n_2}^{(2)}$ en el momento t_2 , etc., y $x_1^{(m)}, x_2^{(m)}, \dots, x_{n_m}^{(m)}$ en el momento t_m (lo denotamos: $\{x_1^{(s)}, x_2^{(s)}, \dots, x_{n_s}^{(s)}\} \equiv \{x_k^{(s)}\}_{n_s}$). n_s es el número de mediciones realizadas en el tiempo t_s . La función de distribución correspondiente tendrá la forma:

$$f\left(\{x_j^{(1)}\}_{n_1}, t_1; \dots; \{x_j^{(m)}\}_{n_m}, t_m | a, b, A, B\right) = \prod_{s=1}^m \prod_{k=1}^{n_s} f\left(x_k^{(s)}, t_s | a, b, A, B\right) \sim e^{-\Phi(a,b,A,B)}$$

donde la función $\Phi(a,b,A,B)$ es de la forma:

$$\Phi(a,b,A,B) = \frac{1}{2} \sum_{s=1}^m \left(n_s \ln(A^2t_s^2 + B^2) + \frac{(n_s - 1)\sigma_s^2 + n_s(\bar{x}_s - at_s - b)^2}{A^2t_s^2 + B^2} \right)$$

donde $\bar{x}_s = \frac{1}{n_s} \sum_{k=1}^{n_s} x_k^{(s)}$ es el valor medio de los resultados de la medición número s y

$\sigma_s = \sqrt{\frac{1}{n_s - 1} \sum_{k=1}^{n_s} (x_k^{(s)} - \bar{x}_s)^2}$ es la respectiva DE. La máxima probabilidad es

alcanzada en el mínimo absoluto de la función $\Phi(a,b,A,B)$. Entonces, se debe de resolver el siguiente sistema de ecuaciones

$$\frac{\partial\Phi(a,b,A,B)}{\partial a}=0, \quad \frac{\partial\Phi(a,b,A,B)}{\partial b}=0, \quad \frac{\partial\Phi(a,b,A,B)}{\partial A}=0, \quad \frac{\partial\Phi(a,b,A,B)}{\partial B}=0. \quad (4)$$

Las estimaciones de los parámetros α y β y sus errores estadísticos pueden ser representados gráficamente en el plano (α, β) por los elipses $E = \{(\alpha, \beta) | (\alpha - a)^2 / A^2 + (\beta - b)^2 / B^2 < 1\}$. El centro de un elipse así representa los valores más probables de los parámetros α y β y los semiejes respectivos son sus DE. Estas son las áreas en las cuales los parámetros α y β caen con la probabilidad

$$P(E) = \iint_E \varphi(\alpha, \beta) d\alpha d\beta = 1 - \frac{1}{\sqrt{e}} \approx 0.393$$

La probabilidad del 39% es la probabilidad de que el punto experimental caiga dentro de la elipse de confiabilidad (figura bidimensional).

Ésta probabilidad indica la exactitud de medición de dos parámetros a la vez, según las leyes de probabilidad, si dos variables aleatorias son independientes entonces la probabilidad de que dos variables aleatorias pertenezcan a su respectivo intervalo de confiabilidad a la vez es el producto de probabilidades. Entonces la exactitud 0.39 es el producto de las exactitudes de los parámetros α , β , la exactitud de cada parámetro obtenido aparte puede ser estimada extrayendo la raíz cuadrada de 0.39, igual a 0.62. Entonces la exactitud del método para cada parámetro es de aprox.62%.

3.6.1. Modelo probabilístico aplicado a Firmeza

El análisis estadístico de los datos experimentales para el caso de la compresión, consiste en la aproximación de un conjunto de mediciones $\{x_k^{(s)}\}$, donde $k = \overline{1, n_s}$

numera los experimentos realizados el día t_s y $s = \overline{1, m}$ numera el día de medición, por una curva teórica $\xi(t)$. El comportamiento teórico permite:

- predecir el comportamiento del parámetro medido en los días posteriores a los de la medición;
- estimar la velocidad promedio de maduración (velocidad promedio de cambio del parámetro $\xi(t)$ durante un lapso de tiempo).

Si la velocidad instantánea de cambio del parámetro $\xi(t)$ es su derivada con respecto al tiempo:

$$v_{\text{inst}}(t) = \frac{d\xi(t)}{dt}$$

entonces la velocidad promedio durante el lapso (t_1, t_2) será:

$$v = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} v_{\text{inst}}(t) dt = \frac{\xi(t_2) - \xi(t_1)}{t_2 - t_1}$$

La dependencia del tiempo del parámetro de compresión $\xi(t)$ puede ser aproximada por la función exponencial:

$$\xi(t) = \exp(\alpha t + \beta). \quad (1)$$

La ventaja de la representación de la compresión de la guayaba en esta forma consiste en que la función (1) nunca llegará a los valores negativos.

Uno de los métodos apropiados para la estimación de los parámetros α y β es el método de máxima probabilidad ó *the maximum likelihood method*

(ML)(Gnedenko,1963). Considerando la función de distribución $\phi(\alpha, \beta)$ de los parámetros α y β según la distribución normal:

$$\phi(\alpha, \beta) = \frac{1}{2\pi AB} \exp\left\{-\frac{(\alpha - a)^2}{2A^2} - \frac{(\beta - b)^2}{2B^2}\right\}, \quad (2)$$

Calcular los parámetros de la distribución a, b, A y B es el objetivo de este análisis. Por lo pronto estos parámetros se consideran dados.

Los parámetros α y β son variables aleatorias. Entonces, según (1), el parámetro ξ también es una variable aleatoria, y la ecuación (1) representa un proceso estocástico. La función de distribución $f(x, t | a, b, A, B)$ de la variable ξ puede ser calculada en virtud de (1) y (2) como sigue:

$$\begin{aligned} f(x, t | a, b, A, B) &= \frac{\partial}{\partial x} \iint_{e^{at+\beta} < x} \phi(\alpha, \beta) d\alpha d\beta = \frac{1}{x} \int_{-\infty}^{+\infty} \phi(\alpha, \ln x - at) d\alpha \\ &= \frac{1}{x\sqrt{2\pi(A^2t^2 + B^2)}} \exp\left\{-\frac{(\ln x - at - b)^2}{2(A^2t^2 + B^2)}\right\}, \end{aligned} \quad (3)$$

La notación $f(x, t | a, b, A, B)$ significa la función de distribución condicional dados los parámetros a, b, A y B .

Supongamos que la medición del parámetro ξ en el momento (día) t_1 da los valores $x_1^{(1)}, x_2^{(1)}, \dots, x_{n_1}^{(1)}$, en el momento t_2 da $x_1^{(2)}, x_2^{(2)}, \dots, x_{n_2}^{(2)}$, etc., y en el momento t_m da $x_1^{(m)}, x_2^{(m)}, \dots, x_{n_m}^{(m)}$ (lo denotamos como $\{x_1^{(s)}, x_2^{(s)}, \dots, x_{n_s}^{(s)}\} \equiv \{x_k^{(s)}\}_{n_s}$); n_s es el número de mediciones realizadas en el tiempo t_s . La función de distribución correspondiente es el producto de las funciones de distribución (3) para cada medición realizada:

$$f(\{x_j^{(1)}\}_{n_1}, t_1; \dots; \{x_j^{(m)}\}_{n_m}, t_m | a, b, A, B) = \prod_{s=1}^m \prod_{k=1}^{n_s} f(x_k^{(s)}, t_s | a, b, A, B) \sim e^{-\Phi(a, b, A, B)}$$

donde la función $\Phi(a, b, A, B)$ es de la forma:

$$\Phi(a, b, A, B) = \frac{1}{2} \sum_{s=1}^m \left(n_s \ln(A^2 t_s^2 + B^2) + \frac{(n_s - 1) \Sigma_s^2 + n_s (\bar{L}_s - a t_s - b)^2}{A^2 t_s^2 + B^2} \right)$$

donde

$$\bar{L}_s = \frac{1}{n_s} \sum_{k=1}^{n_s} \ln x_k^{(s)}$$

es el valor medio de los logaritmos de resultados de la medición número s , y

$$\Sigma_s = \sqrt{\frac{1}{n_s - 1} \sum_{k=1}^{n_s} (\ln x_k^{(s)} - \bar{L}_s)^2}$$

es la desviación estándar respectiva (DE). La máxima probabilidad es alcanzada en el mínimo absoluto de la función $\Phi(a, b, A, B)$. Entonces, se debe de resolver el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\frac{\partial \Phi(a, b, A, B)}{\partial a} = 0, \quad \frac{\partial \Phi(a, b, A, B)}{\partial b} = 0, \quad \frac{\partial \Phi(a, b, A, B)}{\partial A} = 0, \quad \frac{\partial \Phi(a, b, A, B)}{\partial B} = 0. \quad (4)$$

Las estimaciones de los parámetros α, β y sus errores estadísticos pueden ser representados gráficamente en el plano (α, β) por los elipses:

$$E = \{(\alpha, \beta) \mid (\alpha - a)^2 / A^2 + (\beta - b)^2 / B^2 < 1\}.$$

El centro de un elipse así representa los valores más probables de los parámetros α , β y los semiejes respectivos son sus DE. Estas son las áreas en las cuales los parámetros α y β caen con la probabilidad:

$$P(E) = \iint_E \phi(\alpha, \beta) d\alpha d\beta = 1 - \frac{1}{\sqrt{e}} \approx 0.393.$$

Siendo la exactitud del método para cada parámetro de aprox.62%.

3.7. Análisis sensorial

El análisis sensorial de variedades de guayaba se realizó como apoyo al desarrollo del proyecto. Ya obtenidas las velocidades de maduración se corroboró que las variedades con las mejores características fisicoquímicas y de cinética fueran del agrado de los consumidores. Para ello se convocaron panelistas no entrenados. Los frutos se degustaron en estado de maduración de consumo, evaluado por color de epicarpio. Se proporcionaron porciones de muestra de cada variedad y se proporcionó a los panelistas un formato de encuesta basado en escala hedónica de 10 puntos, para emisión de juicio. Los atributos evaluados fueron sabor, textura y color de pulpa (ver Anexo 4).

3.8. Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza (ANOVA) acoplado a prueba de Tukey-Kramer ($P \leq 0.05$) en el análisis sensorial (ver Anexo 4) para identificación de diferencia estadística entre las medias poblacionales.

3.9. Software utilizado

Se utilizaron los paquetes computacionales Mathematica 5.0 para Windows, para tratamiento de datos correspondientes al modelado probabilístico y JMP versión 6.0 para Windows para el análisis estadístico de los datos.

CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se encuentran los resultados obtenidos de los parámetros físicos para caracterización por calidad de fruto de las cinco variedades de guayaba. Posteriormente se presentan datos y discusiones con base en referencias bibliográficas de los cambios ocurridos en el color de epicarpio de frutos desde estado verde hasta maduro en dos condiciones de almacenamiento. La evolución de los parámetros fisicoquímicos durante periodo de almacenamiento es presentada de manera general para las dos condiciones ambientales, de éstos datos deriva el apartado *4.4. Cinética de maduración derivado del modelo probabilístico*, y sus subapartados, que tratan de los resultados obtenidos del modelo exponencial modificado para Firmeza y de la comparación de las tasas de cambio de los parámetros fisicoquímicos entre cada variedad por condición de almacenamiento y comparación entre variedades. Se presenta un resumen del análisis sensorial realizado en las cinco variedades de guayaba. Finalmente se encuentra un resumen de resultados y las sugerencias de comercialización de las variedades de guayaba de acuerdo a sus características.

4.1. Parámetros físicos para caracterización de calidad en variedades de guayaba

En promedio las cinco variedades de guayaba presentaron peso y diámetros mostrados en Tabla 4.1, siendo HidroZac la de mayor peso y tamaño, y Merita la menor del grupo. De acuerdo con Padilla *et al* (2010) los diámetros ecuatoriales coincidieron para las cinco variedades, sin embargo el peso obtenido en nuestros resultados se encontró por debajo de lo reportado por el mismo autor, excepto para la variedad HidroZac donde los pesos reportados van de 90 a 110g por fruto.

Por otro lado, en cuanto a los estándares de calidad para clasificación de frutos por su diámetro ecuatorial (González, *et al.* 2002), la variedad HidroZac se clasificó como calidad “extra” encontrándose en el rango establecido para dicha

categoría (5.4 o más cm); Caxcana, Calvillo-SXXI y Huejucar se clasificaron como calidad “primera” donde el rango oscila entre los 4.3 y 5.3cm; finalmente Merita, variedad que presentó menores dimensiones, se clasificó como calidad “segunda” la cual abarca un rango de entre 3.0 y 4.2cm.

Tabla 1. Peso, diámetros longitudinal (DL) y ecuatorial (DE) \pm desviación estándar de cinco variedades de guayaba en dos condiciones de almacenamiento.

Variedad	Refrigeración			T° Ambiente		
	Peso (g)	DL (cm)	DE(cm)	Peso (g)	DL (cm)	DE(cm)
HidroZac	120.1 \pm 25.7	7.8 \pm 0.9	5.8 \pm 0.5	107.3 \pm 34.6	7.4 \pm 1.0	5.4 \pm 0.7
Caxcana	62.5 \pm 16.4	6.1 \pm 0.5	4.6 \pm 0.6	54.2 \pm 13.3	5.8 \pm 0.5	4.3 \pm 0.5
Calvillo-SXXI	49.5 \pm 14.5	6.2 \pm 0.7	4.4 \pm 0.8	55 \pm 13.3	6.2 \pm 0.6	4.4 \pm 0.4
Huejucar	41.6 \pm 7.7	4.8 \pm 0.8	4.4 \pm 0.6	41.2 \pm 7.4	4.7 \pm 0.4	4.3 \pm 0.3
Merita	37 \pm 7.4	5.1 \pm 0.5	4.1 \pm 0.5	39.1 \pm 10.2	5 \pm 0.6	3.9 \pm 0.3

4.2. Color

Luminosidad (L), Ángulo de matiz ($^{\circ}$ Hue) e Índice de saturación (Chroma).

Se encontró que el color del epicarpio expresado como Luminosidad (L), $^{\circ}$ Hue ($^{\circ}$ H= $\tan^{-1}(b/a)$) y Chroma ó saturación ($C=(a^2+b^2)^{1/2}$), presentó el mismo comportamiento para las cinco variedades de guayaba en ambas condiciones de almacenamiento (Gráficas 3 y 4), donde se observó que respecto a L y Chroma, los valores incrementaron conforme avanzaron los días de almacenamiento de los frutos (Anexo 2), resultados que concuerdan con lo reportado por González *et al.* (2010) para frutos de guayaba; éste incremento en L y Chroma se traduce como una mayor claridad y pureza en el color de la guayaba, ya que los valores de L van de 0 para negros hasta 100 para blancos y de igual manera la escala de Chroma que va de 0 para tonalidades grises hasta 100 para blancos o colores puros (Fuller

and Carrasco, 2006). Los valores experimentales para °Hue disminuyeron conforme incrementaron los días de almacenamiento, ya que comenzaron alrededor de los 118° y 113° para HidroZac en T°Ambiente y Refrigeración respectivamente, y culminaron en 92° (Tablas 6 y 7 de Anexo 2) en ambos casos, Calvillo-SXXI presentó menor disminución de °Hue con 97° en refrigeración y 83° a T° ambiente, por lo tanto a inicio del estudio se presentó una coloración verde como se puede apreciar en el gráficas 3 y 4, mientras que al término del estudio se observó vire de color a tonalidades amarillas con remanentes de color verde, asociando a ello la degradación de compuestos como la clorofila; Nisha, *et al*(2003) y Jain, *et al* (2001) encontraron que durante el periodo de maduración de frutos de guayaba disminuyó la clorofila total mientras que el contenido de carotenoides incrementó, argumentando que la pérdida de clorofila se atribuye al incremento de enzimas degradadoras como la clorofilasa, clorofil- oxidasa y peroxidasa durante la maduración. La disminución en la clorofila y el incremento en el contenido de carotenoides es un fenómeno natural ocurrido durante el desarrollo del fruto.

Los valores °Hue de las variedades Caxcana, Merita y Huejucar almacenadas en refrigeración fue de 112°, 112° y 98° respectivamente al inicio del estudio y disminuyeron hasta 92°, 87° y 75° (Tabla 7 del Anexo 2), por lo que a pesar de que los frutos de las cinco variedades fueron cortados presentando una tonalidad verde en el epicarpio, el decline en valores de °Hue resultó homogéneo para las variedades HidroZac, Calvillo-SXXI, Caxcana y Merita donde al último día de medición el color del epicarpio fue amarillo con remanentes de color verde, no así para la variedad Huejucar, la cual al inicio de las determinaciones ya presentaba un ligero decline de color verde en epicarpio, culminando en tonalidades completamente amarillas, esto atribuido a un estado de maduración más avanzado que el del resto de las selecciones .

Los cambios en la pigmentación del epicarpio facilitan la discriminación visual de los frutos en diferentes etapas de maduración. Si se asocian los incrementos de los parámetros L y Chroma encontramos que a medida que el fruto maduró y se dio el vire de color, el fruto se tornó con mayor luminosidad y por tanto con una pureza de color mayor que al inicio, es decir, en estado verde de maduración. De ahí que el color representa un importante parámetro del estado de maduración del fruto, puesto que la mayoría del fruto para mercado de consumo fresco y procesado es cosechado en base a su color. (Saucedo y Arévalo, 1993).

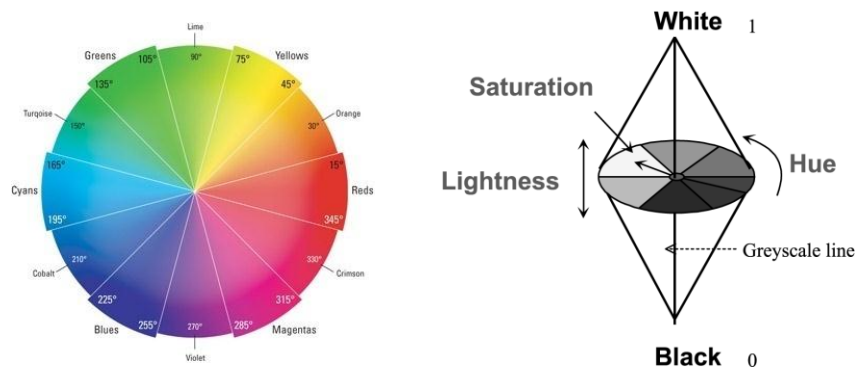
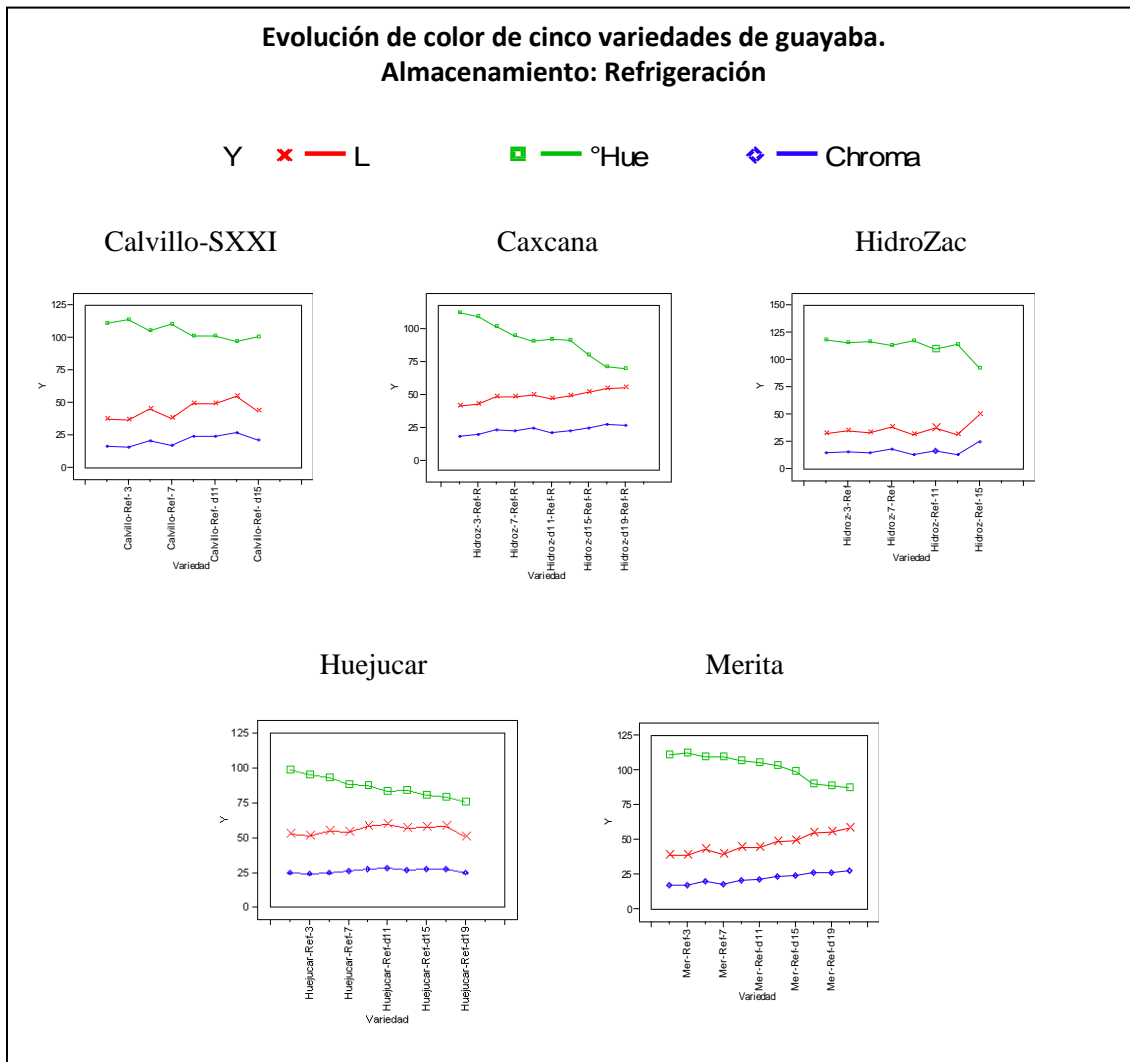
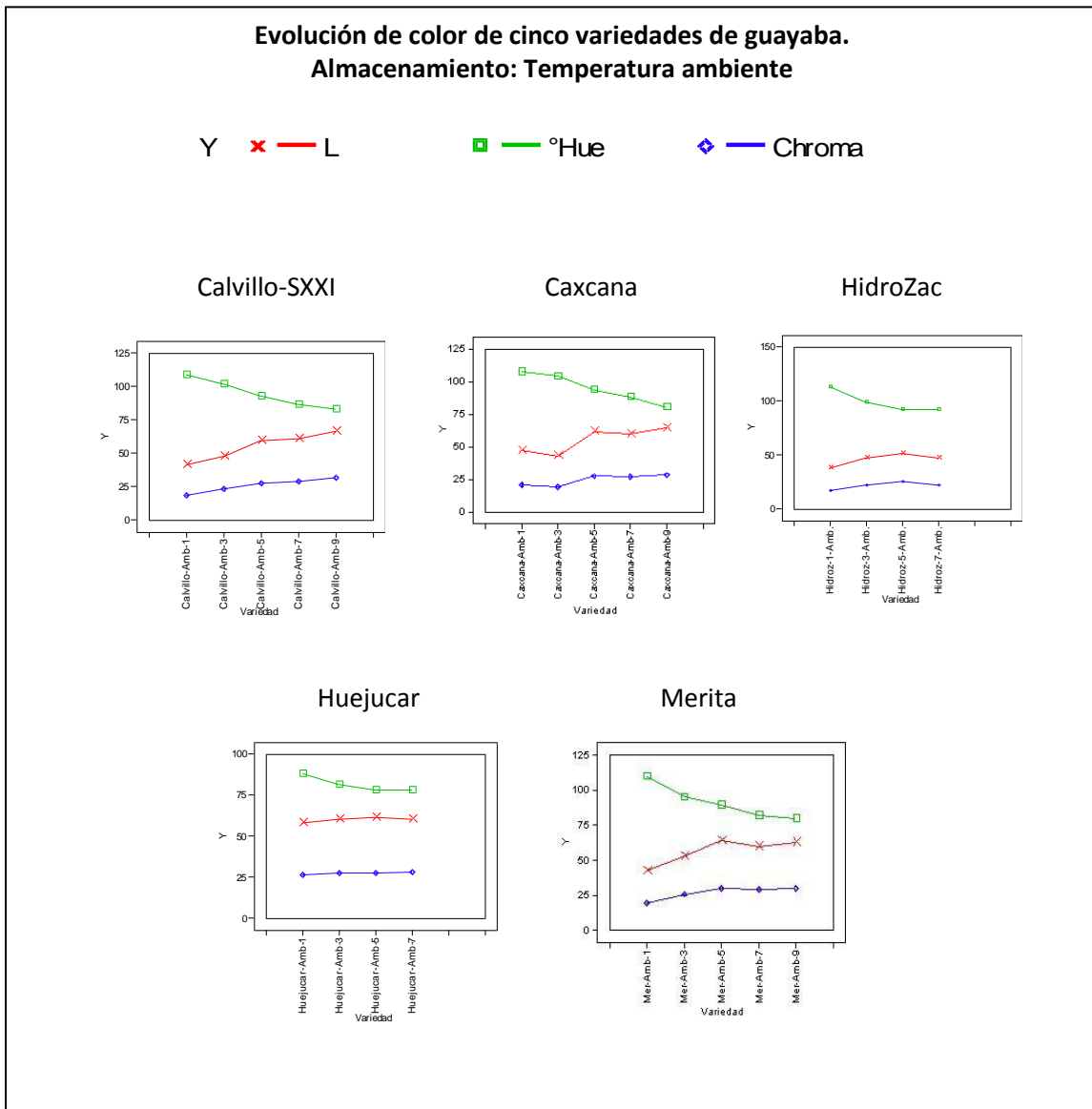


Figura 7. Espacio de color. Izq. Ángulo de matiz ($^{\circ}$ Hue). Der. L, $^{\circ}$ Hue, Chroma.



Gráfica 3. Evolución de parámetros de color L, °Hue y chroma de cinco variedades de guayaba en Refrigeración, sobre eje Y se muestran valores de parámetros, sobre eje X evolución de tiempo de almacenamiento



Gráfica 4. Evolución de parámetros de color L, °Hue y chroma de cinco variedades de guayaba a T°Ambiente, sobre eje Y se muestran valores de parámetros, sobre eje X evolución de tiempo de almacenamiento

4.3. Evolución de parámetros fisicoquímicos durante periodo de almacenamiento. Base del modelo probabilístico.

Dado que el comportamiento general de los parámetros evaluados en ambas condiciones de almacenamiento resultó uniforme, es decir, se presentó la misma tendencia, se aborda una discusión en función de los cambios fisiológicos que indujeron estos cambios, iniciando con los SST se observó un incremento en las concentraciones de °Brix (Anexo 3) debido a que durante el proceso de maduración se genera hidrólisis enzimática del almidón que deriva en una disminución de la estructura celular (Prasanna *et al.* 2007) y por lo tanto se da la conversión de éste polisacárido en azúcares debido a la actividad de las enzimas hidrolasas del almidón (Cañizares *et al.* 2003), el cambio más acelerado se observó a temperatura ambiente debido a que la tasa metabólica del fruto es mayor que si se mantiene a baja temperatura, en tanto que García *et al.* (2010) quienes estudiaron la evolución de ciertos parámetros fisicoquímicos de guayaba a diferentes temperaturas de almacenamiento, encontraron que los cambios en estas características se presentan en los primeros días de almacenamiento y la magnitud depende de la variedad.

En la mayoría de los casos estudiados se presentó una disminución de los SST en los días finales de almacenamiento en ambas condiciones de almacenamiento, ya que en fruto sobremaduro se ha registrado una disminución de los SST debido al proceso de senescencia. (Yirat *et al.* 2009; García *et al.* 2008; Cañizares *et al.* 2003).

El pH así como la acidez de los frutos se presentaron uniformes oscilando entre 3.4 y 4.6 (Anexo 3), tratándose de frutos ligeramente ácidos, similares a los de otras variedades de guayaba reportados por Thaipong y Boonprakob (2005) y Candelario *et al.* (2009) quienes obtuvieron valores entre 3.9 y 4.3. El pH en la mayoría de los casos presentó una tendencia a incrementar durante el periodo de almacenamiento debido a que al disminuir la acidez total titulable conlleva a una

disminución de la concentración de iones hidrógenos presentes (Medina y Pagano, 2003), en algunos casos se presentó una disminución de pH aunado a un ligero incremento en la concentración de ácido cítrico, siendo el caso mas evidente en la variedad Calvillo-SXXI almacenado en Refrigeración, es posible que este comportamiento se atribuya a que las bajas temperaturas modificaron la degradación de ácidos orgánicos del fruto.

En el parámetro acidez titulable expresado como porcentaje de ácido cítrico se obtuvo que la tendencia presentada fue a decrecer y en los últimos días de almacenamiento se incrementó ligeramente (Anexo 3); la variedad HidroZac se presentó como la más ácida del grupo, con 1.5 y 1.7% en refrigeración y T^o ambiente respectivamente, mientras que Huejucar se caracterizó como menos ácida del grupo, con 0.96 y 0.87% en refrigeración y T^o Ambiente respectivamente. Si se observa en Anexo 3c en todos los casos la acidez tiende a incrementarse al final del periodo de almacenamiento, fenómeno asociado a la senescencia del fruto, ya que en estudios reportados por Yusof *et al.*(1988) y Cañizares *et al.*(2003) se explica que los valores de acidez titulable tienden a disminuir en los periodos I y II para incrementarse en el periodo III, también menciona que generalmente los ácidos disminuyen durante la maduración, ya que ellos son sustratos respiratorios o son convertidos en azúcares, de tal forma que pueden ser considerados como fuente de energía y se esperaría que disminuyeran durante la actividad metabólica que se desarrolla durante la maduración, por otro lado García *et al.*(2010) menciona que los valores de acidez disminuyen en los primeros días de almacenamiento y después se elevan, situación provocada por el estrés en el momento de la recolección para luego desacelerarse en el proceso de maduración y futura senescencia como proceso natural.

En la firmeza la tendencia general fue de disminuir con respecto al tiempo, ya que de acuerdo con otros autores (Subedi y Walsh, 2009; García *et al.* 2008) la firmeza del fruto disminuye debido a una correlación directa con la tasa de producción de etileno en frutos climatéricos (Mondal, *et al.*2008) además de considerar otro factor importante que es la variedad, ya que la textura de los frutos también está en

función de ello (Suarez *et al.* 2009); los valores promedio al inicio del estudio fueron oscilantes a los 200N mientras que al último día de almacenamiento fueron de alrededor de 23N datos que concuerdan con lo reportado por Bassetto *et al.* (2005) quienes observaron una variación de 132.5N en frutos verdes hasta 22.3N en frutos maduros, ésta pérdida en la firmeza se atribuye a que a medida que avanza el estado de maduración del fruto hay cambios en la estructura y composición de la pared celular de la célula vegetal por la degradación o hidrólisis enzimática de las sustancias celulósicas, pécticas y ácidos poligalacturónicos (Medina y Pagano, 2003), los cambios en el turgor y la degradación de polisacáridos y almidón de la pared celular determinaron el grado de reblandecimiento del fruto, observándose un proceso de reblandecimiento acelerado en frutos almacenados a T° Ambiente, con respecto de los almacenados a baja temperatura.

Las concentraciones de A.A obtenidas fueron de entre 150 y 200mgAA/100g manifestando un mayor contenido la variedad Merita con 241.3mgAA/100g. El comportamiento del AA en todos los casos fue sigmoïdal, inició con valores altos y fue decreciendo conforme al tiempo de almacenamiento encontrando los valores más bajos en estado de maduración *rayado* y posteriormente incrementó nuevamente la concentración en estado *maduro*, debido a que en estado *rayado* es la etapa en la que se manifiesta el pico climatérico, caracterizado por un incremento en la tasa de respiración del fruto lo cual induce una serie de cambios fisicoquímicos, considerando que la etapa final de la síntesis de etileno es la oxidación de ACC a etileno por la enzima ACC oxidasa (ACO), y que como otras oxigenasas, requiere iones hierro y ascorbato (Azcón y Talón,2008), siendo por ello que en esta etapa de maduración disminuyó la concentración de AA en el fruto. Por otro lado, Imai *et al.* 2009 ha reportado que en frutos en estado joven de desarrollo se observa una fuerte expresión de genes involucrados en la vía de formación del L-ascorbato, para posteriormente durante el estado de desarrollo y maduración disminuir dicha expresión.

Estudios previos realizados por Diniz *et al.* (2007) y Mercado *et al.* (1998) observaron que en guayaba se incrementó el AA en el último estado de crecimiento, es decir en fruto maduro. Por otro lado, Pal *et al.* (2004) reportaron que en guayaba el AA tiende a disminuir conforme al tiempo de almacenamiento por acción de enzimas que oxidan al ácido, encontrando que la refrigeración retarda el tiempo de degradación del AA en comparación con almacenamiento a T° ambiente.

4.4. Velocidad de maduración derivado del modelo probabilístico.

Posterior a la introducción de los datos experimentales (obtenidos de los parámetros fisicoquímicos) en el modelo probabilístico, se obtuvieron los valores a , b , A y B , donde a representa la velocidad de cambio del parámetro fisicoquímico, b es el valor del parámetro al inicio de la cosecha dado que las determinaciones se comenzaron a realizar el día 1 posterior al corte, b estima el valor del día no medido o día 0. La desviación estándar (DE) del valor a está representado por la literal A , mientras que la DE de b se representa por medio de la literal B . Los valores a mas altos representan una velocidad de cambio mayor respecto al resto del grupo. Valores positivos simbolizan evolución positiva con respecto al tiempo, mientras que valores negativos equivalen a evolución negativa.

4.4.1. Almacenamiento en Refrigeración.

Para el caso del almacenamiento en Refrigeración, comenzando por el parámetro °Brix, la variedad que presentó la tasa de cambio más acelerada fue Calvillo-SXXI, seguida de Merita, HidroZac, Caxcana, y finalmente Huejucar (Tabla 2), es interesante mencionar que Calvillo-SXXI comenzó con 9.4°Brix y alcanzó su valor máximo en poco tiempo, mientras que Merita fue la variedad con valor mas alto de °Brix y segunda variedad en alcanzar la tasa máxima de cambio.

Para el caso de pH se observaron valores positivos y negativos, tomando valores positivos como mayor tasa de cambio, entonces se tiene que la variedad Caxcana fue la que presentó un valor mayor de a aún y cuando comenzó con un valor de 3.76 mientras que Calvillo-SXXI presentó la menor tasa de cambio, posiblemente éste comportamiento se deba a que inició con un valor alto de pH de 4.6, mientras que en general el pH de la guayaba se encuentra alrededor de 4.0, ésta misma variedad mostró el valor a mayor para porcentaje de acidez; en el caso de HidroZac se observó que inició con 1.5% de AT siendo el más alto del grupo y considerado como un fruto ácido por tratarse de guayaba, siendo la tasa de cambio similar a las variedades Merita y Caxcana. De manera análoga, se presentó el valor de AA donde las cinco variedades se encontraron dentro de los parámetros establecidos para el fruto de guayaba con margen de entre 150 y 200mg/100g de AA. Merita alcanzó la mayor tasa de cambio seguida de HidroZac, mientras que Caxcana a pesar de haber iniciado con un valor alto de AA, su tasa de cambio fue la más tardía.

En firmeza se pueden observar en tabla 2 los valores exponenciales obtenidos dado el comportamiento no lineal del parámetro. La interpretación es considerada de igual manera que en parámetros anteriores, en donde se observó que la variedad Huejucar fue la que presentó un proceso de cambio acelerado incluso se pudo observar que inició con menor firmeza con respecto del grupo (Gráfica 5e), esto asociado a que los componentes de la pared celular del fruto ya se encontraban solubilizados al momento de la determinación derivando en un reblandecimiento precoz del fruto; si bien éste parámetro es asociado al color del epicarpio, donde Huejucar expresó un vire de color alcanzando tonalidades completamente amarillas. La variedad Merita presentó el segundo valor menor de a destacando por ser el fruto con mayor firmeza al momento del corte. Los valores de las variedades Calvillo, Caxcana, HidroZac y Merita fueron similares entre sí.

Tabla 2. Valores a,b,A,B derivados del modelo probabilístico para cinco variedades de guayaba almacenadas en Refrigeración

a) Almacenamiento: Refrigeración					
Parámetro	Variedad				
°Brix	Calvillo-Ref.	Caxcana-Ref.	HidroZac-Ref.	Huejucar-Ref.	Merita-Ref.
a	0.251	0.202	0.203	0.144	0.221
b	9.395	9.001	9.779	8.854	10.327
A	0	0.039	0.057	0	0.051
B	0.781	0.379	0.248	0.629	0.925
pH					
a	-0.062	0.025	-0.001	-0.009	-0.02
b	4.653	3.759	3.526	4.142	4.218
A	0	0.032	0.008	0.0004	0.026
B	0.236	0	0.105	0.08	0.258
% acidez					
a	0.013	0.001	0.002	-0.004	0.003
b	1.159	1.207	1.51	0.969	1.425
A	0.004	0	0.011	0	0
B	0.107	0.142	0.066	0.061	0.137
mgAA/100g					
a	-0.197	-2.495	3.508	2.125	4.042
b	159.22	196.444	167.046	132.933	183.232
A	0	1.428	2.431	0	0
B	47.504	27.109	0.001	27.331	60.588

$$e^{\alpha t + \beta}$$

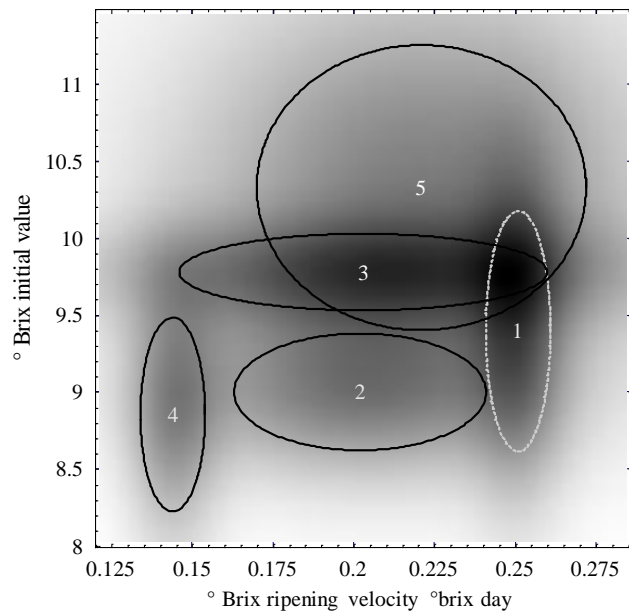
Parámetros con función:

a) Almacenamiento: Refrigeración					
Parámetro	Variedad				
Firmeza	Calvillo-Ref.	Caxcana-Ref.	HidroZac-Ref.	Huejucar-Ref.	Merita-Ref.
a	-0.11	-0.122	-0.14	-0.084	-0.147
b	5.228	5.365	5.482	3.728	5.599
A	0.013	0.029	0.048	0.015	0.035
B	0.531	0.481	0.265	0.182	0.362

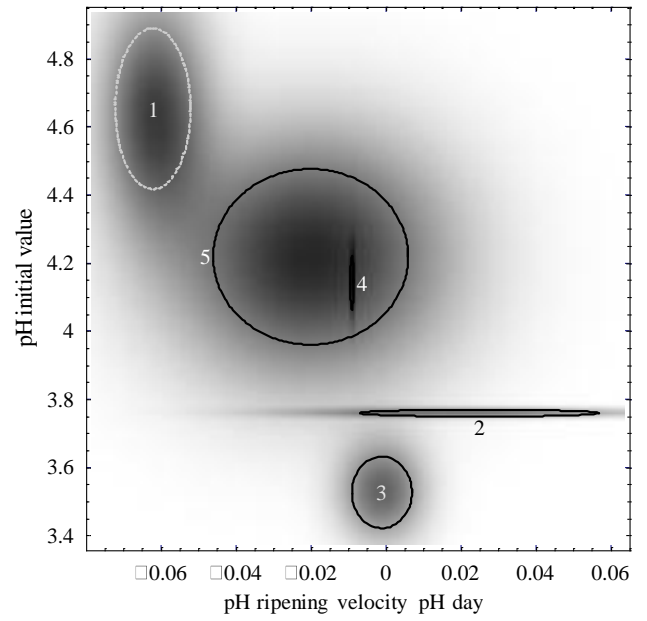
Tabla 3. Variedades representadas por número en gráficas de velocidad de cambio

Número en gráficas	Variedad representada
1	Calvillo
2	Caxcana
3	HidroZac
4	Huejucar
5	Merita

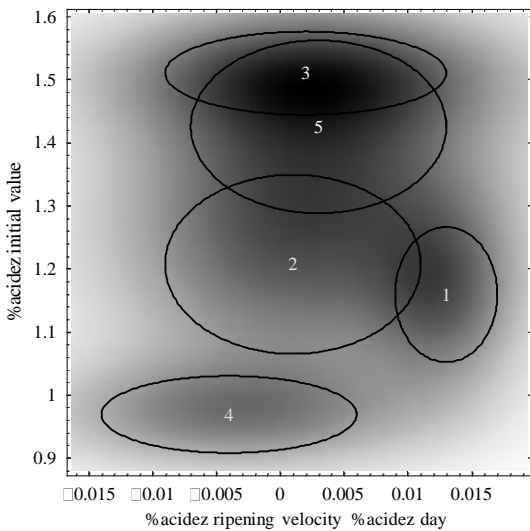
a) Brix



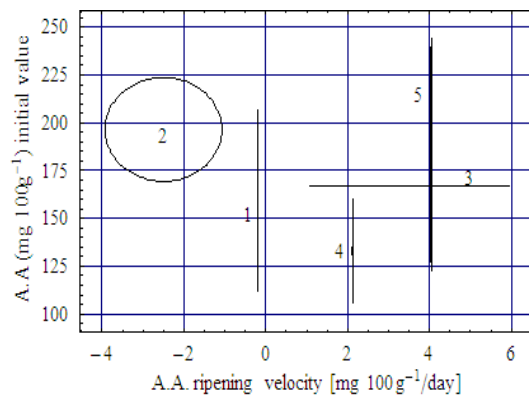
b) pH



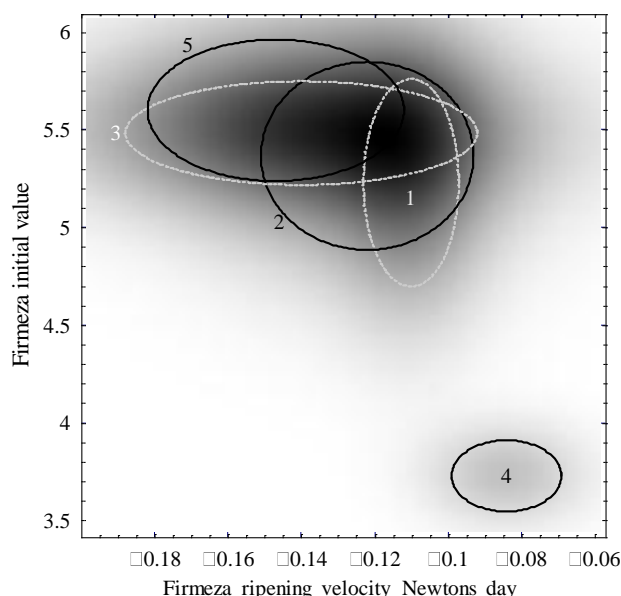
c) Acidez titulable



d) Ácido Ascórbico



e) Firmeza (Resistencia a la fuerza de compresión)



Gráfica 5. a), b), c), d), e). Velocidad de cambio de parámetros fisicoquímicos. Almacenamiento Refrigeración. Sobre eje X se muestra tasa de cambio/día. Sobre eje Y valor inicial del parámetro.

4.4.2. Almacenamiento en Temperatura Ambiente.

Tomando en cuenta la interpretación previa, se puede observar en la tabla 4 el comportamiento de los parámetros almacenados a T° Ambiente en donde para °Brix se presentaron tendencias similares comparado con el análisis anterior, donde Calvillo-SXXI nuevamente presentó el valor más alto de *a* iniciando con un valor de 9.4°Brix muy similar al presentado en almacenamiento en Refrigeración; mientras que Merita fue la variedad que comenzó con el valor más alto de °Brix con una baja tasa de cambio, Huejucar presentó la menor tasa de cambio al igual que en Refrigeración, sin embargo en las cinco variedades se presentaron valores más altos de SST debido a que la tasa de respiración y por lo tanto las reacciones

bioquímicas suceden en un corto periodo de tiempo si se compara con las bajas temperaturas.

En el caso de pH Caxcana comenzó con valor de 3.8, el menor del grupo y presentó la mayor velocidad de cambio al igual que en Refrigeración, presentándose un patrón de comportamiento similar al de almacenamiento en Refrigeración, es decir, las variedades que comenzaron con valores altos de pH presentaron la menor tasa de cambio como es el caso de Huejucar y Merita en almacenamiento a T° Ambiente, que comenzaron con 4.2 y 3.9 respectivamente.

En porcentaje de ácido cítrico se encontró que la variedad con la tasa de cambio más alta fue Calvillo, siendo un comportamiento esperado puesto que obtuvo la mayor tasa de cambio en SST y un valor alto en velocidad de cambio de pH, donde al incrementar la concentración de azúcares disminuyen los ácidos orgánicos y por tanto incrementa el pH, por otro lado, HidroZac fue la variedad más ácida con 1.7% seguida de Merita con 1.6%. Huejucar fue la variedad con menos porcentaje de ácido cítrico con 0.8% y una tasa de cambio acelerada.

Merita e HidroZac destacaron por la alta concentración de AA con 241.35mg/100g y 224.2mg/100g respectivamente, siendo éstas las de menor tasa de cambio del parámetro; Calvillo-SXXI y Caxcana a pesar de presentar la mayor tasa de cambio sus valores de AA fueron inferiores al resto del grupo por debajo de los 150mgAA/100g.

Para la firmeza (Tabla 4) como se muestra en el gráfico 6e, la tendencia fue hacia el lado negativo del eje lo cual indica reblandecimiento del fruto de las cinco variedades; Huejucar presentó un reblandecimiento acelerado con respecto del tiempo así como una menor firmeza al momento del corte, caso contrario el de Caxcana que fue un fruto firme al colectarlo y su tasa de cambio fue menor al resto de las variedades.

Tabla 4. Valores a,b,A,B derivados del modelo probabilístico para cinco variedades de guayaba almacenadas a T⁰ ambiente

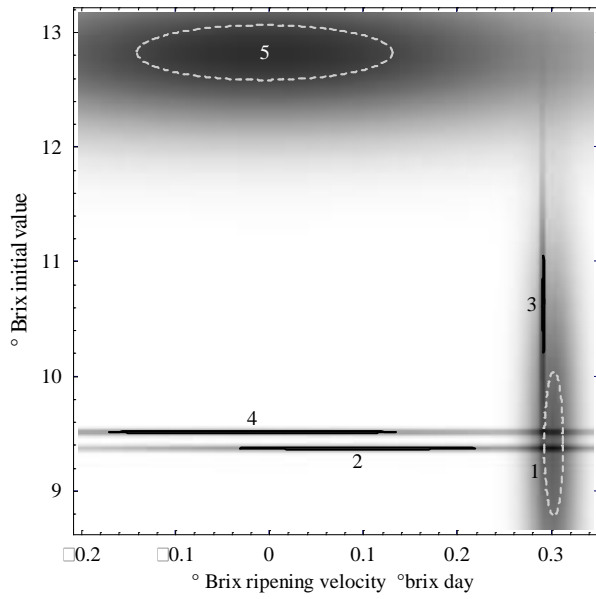
a) Almacenamiento: Temperatura ambiente					
Parámetro	Variedad				
	Calvillo-Amb.	Caxcana-Amb.	HidroZac- Amb.	Huejucar-Amb.	Merita-Amb.
°Brix					
a	0.303	0.094	0.292	-0.018	-0.005
b	9.408	9.37	10.625	9.511	12.822
A	0	0.125	0.001	0.153	0.136
B	0.628	0	0.421	0	0.239
pH					
a	0.038	0.063	0.023	-0.005	-0.006
b	3.967	3.849	3.572	4.236	3.988
A	0.022	0.04	0.001	0.057	0
B	0	0	0.057	0	0.159
% acidez					
a	-0.003	-0.034	-0.013	-0.012	-0.044
b	1.169	1.302	1.709	0.873	1.612
A	0	0	0.001	0	0.01
B	0.122	0.132	0.14	0.054	0.132
mgA.A/100g					
a	1.179	2.703	-4.596	-3.437	-7.103
b	133.377	134.986	224.223	157.799	241.354
A	0	0	6.283	0	0
B	49.586	50.435	0	17.245	95.516

Parámetros
con función:

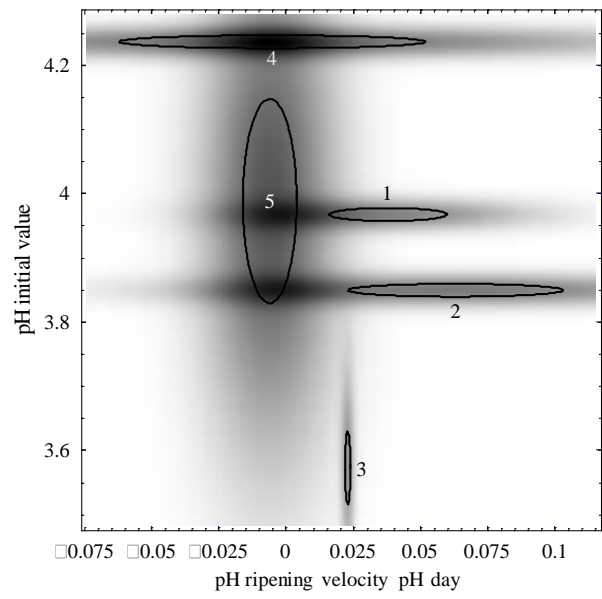
$$e^{\alpha t + \beta}$$

Almacenamiento: Temperatura ambiente					
Parámetro	Variedad				
	Calvillo-Amb.	Caxcana-Amb.	HidroZac-Amb.	Huejucar-Amb.	Merita-Amb.
Compresión					
a	-0.244	-0.314	-0.199	-0.113	-0.221
b	5.073	5.575	4.721	3.115	4.863
A	0	0.03	0.001	0.035	0
B	0.466	0.28	0.383	0.111	0.42

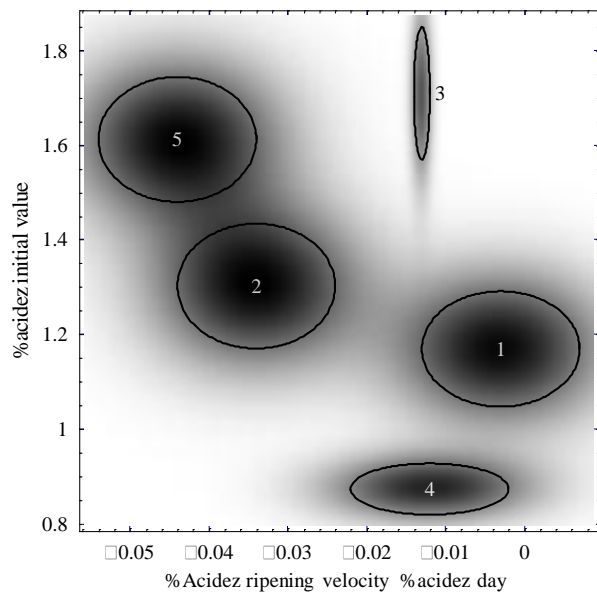
a) SST



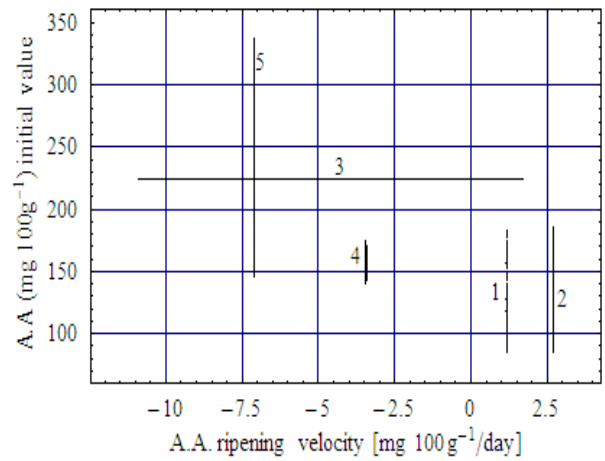
b) pH



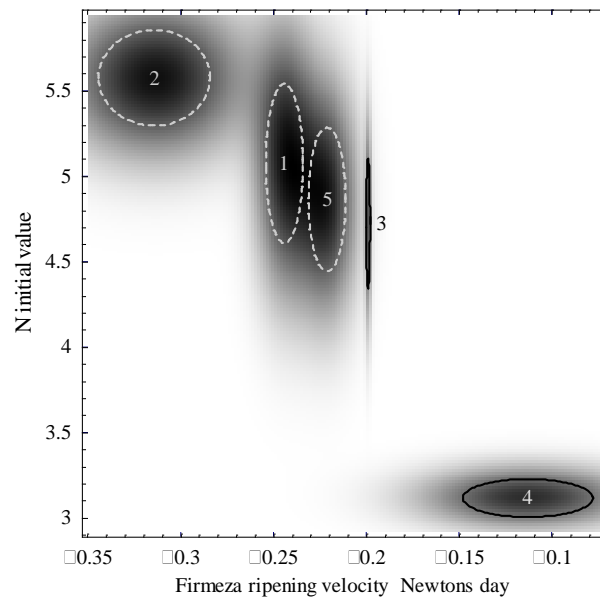
c) Acidez Titulable



d) Ácido Ascórbico (mgAA/100g)



e) Firmeza (Resistencia a la fuerza de compresión):



Gráfica 6. a), b), c), d), e). Velocidad de cambio de parámetros fisicoquímicos. Almacenamiento T^o ambiente. Sobre eje X se muestra tasa de cambio/día. Sobre eje Y valor inicial del parámetro.

4.4.3. Comparación de tasa de cambio de parámetros fisicoquímicos por variedad y condición de almacenamiento

En la tabla 5 se puede observar la diferencia entre la tasa de cambio de los parámetros comparados entre ellos mismos y de las cinco variedades entre sí.

Derivado del análisis comparativo entre la misma variedad por condición de almacenamiento, se observó que la tasa de cambio de los parámetros tiende a mantenerse en la mayoría de los casos, ya sea en almacenamiento a T^o ambiente o en Refrigeración, asumiendo que la cinética del fruto es constante, y que los cambios están en función de la propia variedad, independientemente de las condiciones ambientales.

Para el caso de SST (°Brix) la variedad Calvillo-SXXI presentó la mayor tasa de cambio en ambas condiciones de almacenamiento, mientras que la variedad Huejucar fue la que presentó la menor tasa de cambio para ambas temperaturas.

En cuanto a pH, la variedad Caxcana presentó la mayor tasa de cambio, mientras que para condiciones de almacenamiento en Refrigeración, Merita presentó la menor tasa de cambio, al igual que en T° Ambiente solo que en este segundo almacenamiento Huejucar también obtuvo una baja velocidad.

En Acidez titulable (% ácido cítrico), Calvillo-SXXI alcanzó la mayor velocidad de cambio en ambas condiciones de almacenamiento, las variedades Merita y Huejucar se mostraron irregulares en su comportamiento para las diferentes condiciones de almacenamiento puesto que en Refrigeración Merita fue la segunda mayor tasa de cambio y en T° Ambiente la menor. Caso contrario para Huejucar donde en Refrigeración presentó la tasa de cambio más lenta y en T° Ambiente fue la segunda más acelerada. En tanto que las variedades HidroZac y Caxcana mantuvieron el mismo comportamiento en ambas condiciones de almacenamiento, donde la tasa de cambio de % ácido cítrico de HidroZac es mayor que la de Caxcana.

Para Ácido ascórbico (AA) se presentaron comportamientos contrarios para las variedades Merita y Caxcana, en donde en almacenamiento a T° Ambiente Caxcana presentó la mayor tasa de cambio, sin embargo el valor promedio de AA fue bajo con 134mgAA/100g, y por el contrario, las variedades HidroZac y Merita con menor tasa de cambio presentaron las concentraciones más altas de AA superando los 200mgAA/100g, asumiendo que una alta concentración de AA derivó en una menor velocidad de cambio en frutos almacenados a T° Ambiente. Por otro lado, en condiciones de refrigeración, Caxcana presentó el valor más alto del grupo con 196.4mgAA/100g y la menor tasa de cambio del parámetro, mientras que Merita, a pesar de tener 183.2mgAA/100g, presentó la mayor velocidad, considerando que Merita es una selección que a pesar de someterla a estrés por condiciones de almacenamiento, presenta una elevada concentración de AA.

La Firmeza evaluada como resistencia a la fuerza de compresión, denotó que Huejucar reblandeció más rápidamente que el resto de las variedades, en ambas condiciones de almacenamiento, mas como se discutió en secciones anteriores del presente trabajo, ésta variedad presentaba un estado de maduración avanzado. Considerando a Calvillo-SXXI como la segunda tasa de cambio mayor. Merita obtuvo la menor tasa de cambio en Refrigeración y Caxcana a T⁰ Ambiente.

Tabla 5. Comparación de tasa de cambio de parámetros fisicoquímicos por variedad y condición de almacenamiento

Parámetro	Variedad/ almacenamiento									
	Calvillo- Ref.	Calvillo- Amb.	Caxcana- Ref.	Caxcana- Amb.	HidroZac- Ref.	HidroZac- Amb.	Huejucar- Ref.	Huejucar- Amb.	Merita- Ref.	Merita- Amb.
Brix										
a	0.251	0.303	0.202	0.094	0.203	0.292	0.144	-0.018	0.221	-0.005
b	9.395	9.408	9.001	9.37	9.779	10.625	8.854	9.511	10.327	12.822
A	0	0	0.039	0.125	0.057	0.001	0	0.153	0.051	0.136
B	0.781	0.628	0.379	0	0.248	0.421	0.629	0	0.925	0.239
pH										
a	-0.062	0.038	0.025	0.063	-0.001	0.023	-0.009	-0.005	-0.02	-0.006
b	4.653	3.967	3.759	3.849	3.526	3.572	4.142	4.236	4.218	3.988
A	0	0.022	0.032	0.04	0.008	0.001	0.0004	0.057	0.026	0
B	0.236	0	0	0	0.105	0.057	0.08	0	0.258	0.159
% ácido cítrico										
a	0.013	-0.003	0.001	-0.034	0.002	-0.013	-0.004	-0.012	0.003	-0.044
b	1.159	1.169	1.207	1.302	1.510	1.709	0.969	0.873	1.425	1.612
A	0.004	0	0	0	0.011	0.001	0	0	0	0.01
B	0.107	0.122	0.142	0.132	0.066	0.140	0.061	0.054	0.137	0.132
Ácido ascórbico (mgAA/100g)										
a	-0.197	1.179	-2.495	2.703	3.508	-4.596	2.125	-3.437	4.042	-7.103
b	159.22	133.377	196.444	134.986	167.046	224.223	132.933	157.799	183.232	241.354
A	0	0	1.428	0	2.431	6.283	0	0	0	0
B	47.504	49.586	27.109	50.435	0.001	0.000	27.331	17.245	60.588	95.516
Compresión (exp.N)										
a	-0.11	-0.244	-0.122	-0.314	-0.140	-0.199	-0.084	-0.113	-0.147	-0.221
b	5.228	5.073	5.365	5.575	5.482	4.721	3.728	3.115	5.599	4.863
A	0.013	0	0.029	0.03	0.048	0.001	0.015	0.035	0.035	0
B	0.531	0.466	0.481	0.28	0.265	0.383	0.182	0.111	0.362	0.42

4.5. Análisis sensorial

En el análisis sensorial desarrollado se encontró que, para el atributo Sabor el puntaje más alto lo obtuvo la variedad Merita seguido de Calvillo, tendiendo similitud estadística entre ellas (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) (ver Anexo 4); los estadísticos fueron interpretados como tendencias al obtener un valor r^2 de 0.1. En los descriptores de sabor se comentó con frecuencia que Merita presentó un sabor “dulce” lo cual concuerda con los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico donde en ambas condiciones de almacenamiento presentó los valores más altos de °Brix. La variedad con menor agrado sensorial fue HidroZac, descrita como “ácida” lo cual se corroboró con el resultado del fisicoquímico (discutido en apartados 4.4.1 y 4.4.2 de este documento).

En atributo de Textura se obtuvo que la variedad mejor evaluada fue Merita, seguida de Calvillo-SXXI. Merita difirió estadísticamente de las variedades Caxcana, HidroZac y Huejucar (ver Anexo 4), donde la tendencia de agrado ($r^2=0.04$, $\alpha \leq 0.05$) fue la misma entre ellas.

Para el atributo Color de pulpa, se encontró que la variedad con mayor aceptación fue HidroZac, variedad de pulpa rosa, seguida de Huejucar que también presenta coloración de pulpa jaspeada, y Merita (ver Anexo 4), existiendo diferencia estadística entre las variedades HidroZac, Calvillo y Caxcana, donde éstas dos últimas presentaron la menor tendencia en nivel de agrado ($r^2=0.03$, $\alpha \leq 0.05$).

4.6. Resumen de resultados

- La variedad HidroZac se clasificó como calidad “extra” de acuerdo a sus dimensiones. Calvillo-SXXI, Caxcana y Huejucar de calidad “primera” y Merita como “segunda”.
- La medición de color en epicarpio fungió como un parámetro importante para la determinación del estado de maduración del fruto.
- La variedad Huejucar se encontró en estado de maduración más avanzado que el resto de las variedades por el color de epicarpio y características fisicoquímicas.
- El método de modelado probabilístico permitió conocer la velocidad de cambio de los parámetros en estudio.
- El diseño del modelo matemático para estimación de velocidad de cambio en Firmeza evitó la obtención de valores negativos en las determinaciones.
- Huejucar presentó una acelerada tasa de cambio del parámetro Firmeza y lenta velocidad en el resto de las determinaciones, considerándose como una variedad en estado de maduración más avanzado que el resto de las selecciones.
- En el análisis sensorial los panelistas calificaron los atributos de sabor y textura más agradables para las variedades Merita y Calvillo-SXXI, HidroZac fue descrita como ácida.
- En los atributos sensoriales “Sabor” y “Textura” se obtuvo que la variedad que mas agradó a los panelistas fue Merita.
- El color de pulpa mejor aceptado fue de HidroZac, variedad de pulpa rosa.

4.7. Sugerencias de comercialización de variedades de guayaba

- La variedad Merita se sugiere para comercialización en mercado foráneo, ya que por presentar una cinética de maduración paulatina podría trasladarse y asegurar que el fruto llegara en óptimas condiciones de consumo, además de que ésta variedad se caracterizó por ser de sabor dulce y alto contenido de ácido ascórbico, como valor agregado.
- Calvillo-SXXI por presentar una cinética de maduración acelerada podría sugerirse para mercado local, además de presentar buenos atributos de sabor y textura.
- Las variedades Caxcana e HidroZac, presentaron cinética de maduración intermedia, por lo que se sugiere comercialización local.
- Para la variedad Huejuicar no se especifican recomendaciones de mercado en el presente documento, puesto que las condiciones de los lotes de fruto analizados no fueron homogéneos en maduración con respecto al resto de las variedades.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

- La cinética de maduración de las cinco variedades de guayaba es propia de cada tipo, y su comportamiento difiere entre variedades no así por condiciones de almacenamiento de cada selección.
- Calvillo experimenta una cinética de maduración acelerada, mientras que Merita presenta vida de anaquel prolongada con una cinética de maduración paulatina.
- Caxcana e HidroZac tienen una cinética de maduración intermedia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbot J A** (1999) Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Tech.* 15:207-225.
- Alba C N** (2008) *Ciencia, tecnología e industria de los alimentos*. Ed. Grupo Latino Editores. 1ª ed. 148-150, 175-181pp.
- AOAC** (1988) *Official Methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 14th ed. Washington, DC, Association of Analytical Chemists.
- Areiza V C** (1999) Algunas reflexiones para comercializar perecederos (el caso de las frutas). *Revista Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas*. 72:13-22.
- Arévalo R A, Bertoncini E I, Guiraldo N, Chaila S** (2006) Los términos cultivar o variedad de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(1): 5-9.
- Azcon B J** y Talon M. (2008) *Fundamentos de fisiología vegetal*. Ed. McGraw Hill. 2ª ed. Madrid. 446 p.
- Bassetto E, Jacomino P A, Pinheiro A L, Kluge R A** (2005) Delay of ripening of "Pedro Sato" guava with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology* 35:303-308.
- Borsani J, Budde C, Porrini L, Lauxmann M, Lombardo V, Murray R, Andreo C, Drincovich M and Lara M** (2009) Carbon metabolism of peach fruit after harvest: changes in enzymes involved in organic acid and sugar level modifications. *Journal of experimental botany*. 60(6):1823-1837.
- Candelario M J, Toriz A L, Guzmán M S** (2009) Caracterización de selecciones de guayaba para el bajío de Guanajuato, México. *Agric. Téc. Méx.* 35(31):315-322.
- Cañizares A, Laverde D, Puesme R** (2003) Crecimiento y desarrollo del fruto de guayaba (*Psidium guajava L.*) en Sta. Bárbara, estado de Monagas, Venezuela. *Rev. UDO Agrícola*. No.3 Vol.1. 34-38 pp.
- CIE** (2004) *Technical report. Colorimetry*. 3ª ed. Ed. Commission Internationale de L'éclairage International Commission on Illumination Internationale Beleuchtungs kommission. Austria.
- Cruz R Ry Ertel J** (2008) Acumulación de productos al final de su vida útil en México, el caso de los vehículos automotores. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 24 (3): 117-130.

- Diniz S**, Pereira T, Maio-Marques M, Monteiro A. (2007) Volatile and non volatile chemical composition of white guava fruit (*Psidium guajava*) at different stages of maturity. Food chemistry 100(1):15-21.
- Fuller S** and Carrasco M (2006) Exogenous attention and color perception: Performance and appearance of saturation and hue. Vision research 46:4032-4047.
- García M C**, Cury R K I, Dussán S S(2010) Evaluación postcosecha y estimación de vida útil de guayaba fresca utilizando el modelo de Weibull. Acta Agronómica 59(3):347-355.
- García M C, Cury R K I, Dussán S S**(2011) Comportamiento Postcosecha y Evaluación de Calidad de Fruta Fresca de Guayaba en Diferentes Condiciones de Almacenamiento. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 64(2): 6207-6212
- García P A**, Hernández G A, García T Y, Yirat B M (2008) Establecimiento del período óptimo de almacenamiento para guayaba, mandarina y tomate guardados a temperatura ambiente. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 17(3):77-8.
- Gélvez T C J** (1998) Manual. Manejo Post-cosecha y comercialización de guayaba (*Psidium guajava* L.). Serie de paquetes de capacitación sobre manejo post cosecha de frutas y hortalizas No.9. Ed. Magnitud Ltda. Pereira9pp.
- Gnedenko B.V** (1963) The Theory of Probability. Chelsea, New York.
- González C I**, Osorio C, Rodríguez P F J, González M M L, Heredia F J (2010) Color y apariencia de frutos de guayaba a lo largo de la maduración. Memorias IX Congreso Nacional del color Alicante.
- González G E, Padilla R J S, Reyes M L, Perales de la C M A, Esquivel V F.** (2002) Guayaba su cultivo en México. Libro Técnico No.1. INIFAP. Cap.11. 139-142, 156pp.
- Hernández, A.E** (2005) Evaluación sensorial. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá.Cap.2. 30-39pp.
- Hough G**, Wakeling I, Mucci A, Chambers IV E, Méndez G I, Rangel A L (2006) Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. Food Quality and Preference 17(6):522-526.
- Hui Y H** and Barta J(2006) Handbook of fruits and fruit processing.Ed. Blackwell Publishing.Cap.3. 600, 604-605pp.
- Imai T**, Yusuke B, Shingo T, Toshiya Y and Takaya M (2009) *L*-Ascorbate biosynthesis in peach: cloning of six *L*-galactose pathway-related genes and their expression during peach fruit development. Physiologia Plantarum 136(2): 139-149.

- Insuasty B O**, Monroy R R, Díaz F A, Bautista D J (2003) Manejo fitosanitario del cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en Santander. Boletín Técnico. Ed. Instituto Colombiano Agropecuario.
- Jain N**, Dhawan K, Malhotra S, Siddiqui S, Singh R (2001) Compositional and enzymatic changes in guava (*Psidium guajava*L.) fruits during ripening. Acta Physiol Plant 23:357-362
- Jankiewicz L S**(2003) Reguladores del crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas. 1ª ed. Ed. Mundi-Prensa. México. 275-276pp.
- Kirk R**, Sawyer R y Egan H (2002) Composición y análisis de alimentos de Pearson. Ed. CECSA. 2ª ed. México. 267 pp.
- Laguado N y Marín M.** (2004) Cambios en el contenido de glucosa y sacarosa durante el desarrollo de frutos de guayaba (*Psidium guajava*L.). Rev. Fac. Agron. (LUZ). 21 Supl. 1: 299-305.
- López E** y Mercado S (2005) Cambios fisiológicos y de calidad en guayaba mínimamente procesada. Memorias Simposium “Nuevas tecnologías de conservación y envasado de frutas y hortalizas. Vegetales frescos cortados”. La Habana, Cuba. 41-46pp.
- Maldonado S N E** (2011) Métodos para la determinación de maduración en variedades de guayaba (*Psidium guajava*L.). Tesis licenciatura.UMSNH.61-69pp.
- Marteen L A T M**, Jeroen L, Bart de K, Nico S and Bart M N (2007) Managing quality variance in the postharvest food chain. Trends in Food Science and Technology 18:320-332.
- Mata B I** y Rodríguez A M (1990) Cultivo y producción del guayabo. Ed. Trillas. México. 160, 14-17pp.
- Medina B** y Pagano G (2003) Caracterización de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) tipo “Criolla Roja” . Rev. Fac. Agronom. 20:72-86.
- Mendoza L M**, Luis A A, Castillo O S. (2004) Guayaba (*Psidium guajava*L.) su cultivo en el oriente de Michoacán. Ed. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. Folleto técnico No.4. 2-6pp.
- Mercado S E**, Benito B P, García V M (1998) Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. Postharvest biology and technology 13(2):143-150.
- Mondal K**, Spingh A P, Saxena N, Dhawan K, Singh R (2008) Possible interactions of polyamines and ethylene during ripening of guava (*Psidium guajava*L.) fruits. Journal of food biochemistry 32:46-59.

- Nisha J**, Kamal D, Sarla M y Randhir S(2003) Biochemistry of fruit ripening of guava (*Psidium guajava*L.): compositional and enzymatic changes. Plant foods for human 58: 309-315.
- Padilla R J S y González G E** (2010) Collection and characterization of mexican guava (*Psidium guajava*L) germoplasm. *In*: Proceedings of the Second International Symposium on guava and other Myrtaceae. Rhode W., G. Fermin (eds.) ISHS.Acta Horticulture number 849. 49 – 54pp.
- Padilla R J S**, González G E, Esquivel V F , Mercado S E, Hernández D S y Mayek P N. (2002) Caracterización de germoplasma sobresaliente de guayabo de la región Calvillo-Cañones. México. Revista Fitotecnia Mexicana 25: 393 - 399.
- Padilla R J S**, González G E, Perales de la C M A, Reyes P H y Osuna C E (2007). Variabilidad del fruto de la guayaba (*Psidium guajava* L.) Mexicana. Publicación Especial Núm. 31. SAGARPA - SNICS - INIFAP SINAREFI. México. 61 p
- Padilla R J**, González G E , Perales de la Cruz M (2010) Nuevas variedades de guayaba (*Psidium guajava*L.). Folleto técnico No.42. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Aguascalientes. 15-22 pp..
- Pal R K**, Ahmad S, Roy S K, Singh M (2004) Influence of Storage Environment, Surface Coating, and Individual Shrink Wrapping on Quality Assurance of Guava (*Psidium guajava*) Fruits. Plant foodsfor human nutrition. 59:67-72.
- Pantástico E B**(1977) Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. 2ªed. Ed.CECSA. México. 24-27, 139, 400pp.
- Perales** de la C M A y Silguero J F (1995) Caracterización de colectas de guayaba *Psidium guajava*L. de la región Calvillo - Cañones por forma y componentes del fruto. AgriculturaTécnica en México. 21: 195 - 203.
- Perales** de la C M A, Padilla R J S, González G E, Reyes P H R (2005) Manual para la producción integral del cultivo de la guayaba. Ed. Fundación Produce Aguascalientes.Cap.1-5. 1, 2, 6-11, 14 pp.
- Prasanna V**, Prabha T N, Tharanathan R N (2007) Fruit ripening phenomena-An overview. Critical reviews in food science and nutrition. 47:1-19.
- Rivas R C** (2010) Microencapsulación y estabilización enzimática del jugo de chirimoya (*Annona cherimola* Mill). Tesis maestría. IPN. 29p
- Rojas G S**, García L J, Alarcón R M (1996) Propagación asexual de plantas. Ed. Corporación colombiana de investigación agropecuaria. Cap.1. 10-11 pp.

- Salinas G H**, Figueroa V U, Verástegui C J, Rumayor R A, Pajarito R A, Quiroga G H M, Peña R A, Quiñones C A, Chávez R G A (2010) Estrategias de investigación para la innovación tecnológica: principales logros en el Norte-Centro de México. Libro Técnico Num.1. SAGARPA-INIFAP. México. 25-37pp. ISBN: 978-607-425-505-8.
- Sams C E** (1999) Preharvest factors affecting postharvest texture. *Postharvest biology and technology*. 15(3):249-254.
- Saucedo V C** y Arévalo G M(1993) Impacto de la tecnología postcosecha en la calidad de frutas tropicales. Simposio: Manejo postcosecha de frutas y hortalizas tropicales. Veracruz, México.
- Suárez J**, Pérezde C M, Sanabria CM, Valera R y Ulacio D (2009) Efecto de la temperatura y el estado de madurez sobre el grosor de la cutícula en frutos de guayaba (*Psidium guajava*L.). *Revista UDO Agrícola* 9 (1): 80-84.
- Subedi P P** y Walsh K B (2009) Non-invasive techniques for measurement of fresh fruit firmness. *Postharvest Biology and technology* 51:297-304.
- Thaipong K** y Boonprakob U (2005) Genetic and environmental variance components in guava fruit qualities. *Scientia horticulturae* 104:37-47.
- Tijksens L M My** Schouten R E(2009). *Postharvest Handling: A systems approach*. Cap.18. Ed. Food science and technology, international series. 2a ed. pp.483-508.
- Trivedi P C**(2006) *Advances in plant physiology*. Ed. IK International publishing house Pvt. Ltd. Cap.13.182-183pp.
- Vallejo P M** (2011) Histopatología, fisiología y calidad postcosecha de frutos de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. "Hass" infectados con el *Avocado sunblotchviroid (ASBVd)* y diagnóstico de la enfermedad. Tesis doctoral.Colegio de postgraduados. 64p.
- Watada A E.** (1995) Methods for determining quality of fruits and vegetables. *Acta Horticulturae* 379: 559-566.
- Watts B M**, Ylimaki G L, Jeffery L E and Elías L G (1992) *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Ed. Centro Internacional de Investigaciones para el desarrollo, Ottawa, Canadá. 8p.
- Yirat B M**, García P A, Hernández G A, Calderín G A, Camacho A N (2009) Evaluación de la calidad de la guayaba, variedad enana roja EEA-1-23, durante el almacenamiento a temperatura ambiente. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 18(2):70-73.
- Yusof S**, Mohamed S, Abu Bakar A (1988) Effect of fruit maturity on the quality and acceptability of guava purée. *Food chemistry* 30:45-58.

SITIOS WEB

Ficha Técnica Industrialización de la Guayaba (*Psidium guajava* L.). Disponible en: http://www.tuinventas.com/attachments/article/491/Guayaba_FTP.pdf Fecha de consulta: Marzo 2013.

Kitinoja L y Kader A (1995) Manual de prácticas de manejo postcosecha de los productos hortofrutícolas a pequeña escala. Series de Horticultura postcosecha No.8S. Ed. Universidad de California. Cap.6. 1p. Disponible en: <http://www.fao.org/WAIRdocs/x5403s/x5403s09.htm#enfriamiento> en cámara refrigerada convencional

NMX-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos. Determination of pH in foods. Normas mexicanas. Dirección general de normas. *Disponible en:* <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-317-S-1978.PDF>

NMX-FF-009-1982. Productos alimenticios no industrializados, para uso humano. Fruta fresca. Determinación del tamaño con base al diámetro ecuatorial. Normas Mexicanas. Dirección general de normas. *Disponible en:* <http://www.solucionesexpress.com.mx/wordpress/wp-content/uploads/NMX-FF-009-1982-Diametro.pdf>

NMX-FF-011-1982. Productos alimenticios no industrializados, para uso humano. Fruta fresca. Determinación de acidez titulable. Método de titulación. *Disponible en:* <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-011-1982.PDF>. Consultado en Marzo 2011.

NMX-FF-015-1982. Productos alimenticios no industrializados, para uso humano. Fruta fresca. Determinación de sólidos solubles totales. *Disponible en:* <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-015-1982.PDF>. Consultado en Marzo 2011.

SAGARPA (2012) Disponible en:

http://www.sinarefi.org.mx/redes/red_guayaba.html#cajalIntro. Fecha de consulta: Marzo 2013.

SAGARPA-SIAP (2012) Disponible en:

<http://fundacionproduceagro.org.mx/wp-content/uploads/2012/05/10-Guayaba.pdf>. Fecha de consulta: Marzo 2013.

ANEXOS

ANEXO 1. DEFINICION DE TÉRMINOS: VARIEDAD Y CULTIVAR

a) Definición agronómica del término “Variedad”

El término variedad, vocablo clásico, puro, del Latin *varietate*, variedad. Este término fue publicado por primera vez por Linneaus (1751), donde dice que la variedad es una adaptación de la especie provocada por cambios en su hábitat, originado por causas accidentales, como cambios climáticos, de suelo, presencia de plagas, como enfermedad, ataques de insectos, nematodos, etc. Desde entonces el término no sufrió cambios.

Variedad es sinónimo de sub-especie o raza, que se distingue por caracteres morfológicos o fisiológicos, secundarios y permanentes. Los caracteres fisiológicos son relacionados con el metabolismo de la planta, expresados por factores como maduración precoz o tardía, tolerancia a estrés, resistencia a plagas de insectos o enfermedades. Éstas son también características de los **cultivares**.

El término variedad, es conocido por la sigla var., y es escrito siempre acompañado del nombre de la misma, por ejemplo, var. BalckCheribon, para una especie de caña de azúcar mejorada por medio de procesos naturales.

Actualmente las variedades desaparecieron de los campos comerciales y son usadas apenas para el mejoramiento genético. Comercialmente son solamente usados los cultivares (Arévalo, *et al.* 2006).

b) El término “cultivar”

El término cultivar es un neologismo artificial originado de la lengua Inglesa, por la aglutinación de parte de las expresiones cultivated variety- culti-var= cultivar. El término cultivar es referido para evitar confusiones con el de variedad botánica.

Se define cultivar como una variedad o raza que se originó por medio de técnicas agronómicas. Se define también como un conjunto de plantas cultivadas que se distinguen por caracteres permanentes, morfológicos, fisiológicos, citológicos, químicos, etc., desarrollados para la agricultura, silvicultura u horticultura.

Con el surgimiento de los cultivares comenzaron a aparecer confusiones en la terminología, denominándose variedades cuando se trata de cultivar. Actualmente no existe razón para la utilización del término variedades para uso comercial. Para esclarecer sobre el uso correcto de los términos, el término cultivar se definió para ser utilizado en plantas obtenidas por selección genética y variedad es aquella que la naturaleza selecciona.

El término cultivar es conocido por la sigla cv. (Arévalo, *et al.* 2006).

ANEXO 2. COLOR

Tabla 6. Parámetros de color L, °Hue, Chroma \pm desviación estándar (DE) de cinco variedades de guayaba, condiciones de almacenamiento Temperatura ambiente

T°Ambiente			
Variedad/día almacen.	L \pm DE	°Hue \pm DE	Chroma \pm DE
Calvillo-Amb-1	41.98 \pm 4.43	108.80 \pm 2.72	19.02 \pm 3.06
Calvillo-Amb-3	48.23 \pm 4.17	102.11 \pm 3.67	23.28 \pm 1.63
Calvillo-Amb-5	59.44 \pm 2.6	92.77 \pm 1.53	28.01 \pm 1.0
Calvillo-Amb-7	60.83 \pm 6.06	87.01 \pm 3.1	29.42 \pm 2.15
Calvillo-Amb-9	66.94 \pm 3.01	83.21 \pm 3.79	31.63 \pm 1.68
Caxcana-Amb-1	46.99 \pm 5.14	107.59 \pm 4.79	20.81 \pm 2.53
Caxcana-Amb-3	42.77 \pm 6.54	104.27 \pm 7.94	19.18 \pm 4.39
Caxcana-Amb-5	61.69 \pm 2.53	93.90 \pm 3.66	28.07 \pm 1.86
Caxcana-Amb-7	59.89 \pm 4.46	88.09 \pm 6.71	26.95 \pm 2.51
Caxcana-Amb-9	64.58 \pm 4.45	80.53 \pm 3.33	28.58 \pm 1.88
Hidrozo-Amb-1	38.39 \pm 3.38	113.53 \pm 2.1	17.41 \pm 2.79
Hidrozo-Amb-3	47.85 \pm 2.71	99.35 \pm 2.18	22.65 \pm 1.42
Hidrozo-Amb-5	51.59 \pm 3.93	92.27 \pm 4.54	25.67 \pm 2.03
Hidrozo-Amb-7	47.13 \pm 2.35	92.68 \pm 3.45	22.81 \pm 1.25
Huejucar-Amb-1	58.24 \pm 1.75	88.60 \pm 1.86	26.55 \pm 0.55
Huejucar-Amb-3	60.40 \pm 4.96	81.75 \pm 1.96	27.95 \pm 1.86
Huejucar-Amb-5	61.69 \pm 3.84	78.56 \pm 1.75	27.94 \pm 2.71
Huejucar-Amb-7	60.76 \pm 3.76	78.61 \pm 1.11	28.19 \pm 1.56
Mer-Amb-1	42.50 \pm 5.34	109.65 \pm 2.13	19.29 \pm 2.75
Mer-Amb-3	52.78 \pm 5.31	95.11 \pm 3.94	25.93 \pm 2.46
Mer-Amb-5	64.21 \pm 2.94	89.68 \pm 1.4	29.65 \pm 0.9
Mer-Amb-7	60.04 \pm 4.12	81.61 \pm 2.23	28.99 \pm 2.29
Mer-Amb-9	62.76 \pm 3.52	79.78 \pm 3.61	29.61 \pm 0.85

Tabla 7. Parámetros de color L, °Hue, chroma \pm desviación estándar (DE) de cinco variedades de guayaba, condiciones de almacenamiento Refrigeración

Refrigeración			
variedad/díaalmacen.	L \pm DE	°Hue \pm DE	Chroma \pm DE
Calvillo-Ref- 1	37.74 \pm 5.48	110.77 \pm 5.27	16.96 \pm 3.48
Calvillo-Ref- 3	37.09 \pm 2.47	113.76 \pm 1.02	15.93 \pm 2.16
Calvillo-Ref- 5	45.16 \pm 5.36	105.59 \pm 4.95	20.95 \pm 2.69
Calvillo-Ref- 7	38.49 \pm 5.69	110.63 \pm 1.73	17.45 \pm 3.02
Calvillo-Ref- 9	49.10 \pm 6.7	101.47 \pm 7.59	23.98 \pm 4.3
Calvillo-Ref- d11	49.65 \pm 4.69	101.39 \pm 2.97	24.21 \pm 2.16
Calvillo-Ref- d13	54.66 \pm 3.84	97.53 \pm 2.39	27.14 \pm 2.27
Calvillo-Ref- d15	43.56 \pm 12.95	100.37 \pm 6.28	21.68 \pm 6
Caxcana-Ref-1	41.69 \pm 5.26	112.42 \pm 3.49	18.34 \pm 2.63
Caxcana-Ref-3	44.02 \pm 5.17	109.04 \pm 4.94	19.75 \pm 2.5
Caxcana-Ref-5	47.43 \pm 5.59	106.03 \pm 5.72	21.83 \pm 3.03
Caxcana-Ref-7	45.37 \pm 4.72	102.29 \pm 6.4	20.06 \pm 2.09
Caxcana-Ref-9	54.89 \pm 1.87	99.43 \pm 2.73	25.44 \pm 1.89
Caxcana-Ref-d1	55.35 \pm 2.19	94.97 \pm 3.91	26.25 \pm 1.67
Caxcana-Ref-d3	55.73 \pm 2.59	98.05 \pm 3.85	25.86 \pm 1.38
Caxcana-Ref-d15	53.41 \pm 4.73	95.76 \pm 5.25	25.50 \pm 2.81
Caxcana-Ref-d17	54.15 \pm 7.1	97.99 \pm 5.49	25.55 \pm 2.67
Caxcana-Ref-d19	56.72 \pm 9.65	92.99 \pm 6.17	26.42 \pm 3.95
HidroZac-Ref-1	32.88 \pm 2.49	117.99 \pm 1.12	15.07 \pm 1.62
HidroZac -Ref-3	35.27 \pm 3.48	115.46 \pm 1.33	16.19 \pm 2.54
HidroZac -Ref-5	32.97 \pm 3.81	116.85 \pm 1.4	15.17 \pm 2.42
HidroZac -Ref-7	38.57 \pm 3.2	113.19 \pm 1.53	18.66 \pm 1.93
HidroZac -Ref-9	31.76 \pm 2.5	117.65 \pm 0.8	13.12 \pm 1.59
HidroZac -Ref-d11	37.45 \pm 1.78	109.84 \pm 3.91	17.02 \pm 0.96
HidroZac -Ref-d13	31.67 \pm 1.96	114.45 \pm 1.32	13.60 \pm 1.93
HidroZac -Ref-d15	49.62 \pm 5.28	92.53 \pm 5.19	25.20 \pm 2.79
Huejucar-Ref-1	52.68 \pm 2.91	98.57 \pm 2.8	24.66 \pm 0.77
Huejucar-Ref-3	51.17 \pm 4.13	94.91 \pm 2.58	24.37 \pm 2.13
Huejucar-Ref-5	54.63 \pm 3.43	93.10 \pm 2.15	25.33 \pm 1.15
Huejucar-Ref-7	54.45 \pm 4.1	88.37 \pm 1.53	26.10 \pm 1.93
Huejucar-Ref-9	58.28 \pm 4.8	87.77 \pm 1.81	27.79 \pm 2.64
Huejucar-Ref-d11	59.58 \pm 4.62	83.08 \pm 1.77	28.28 \pm 2.04
Huejucar-Ref-d13	56.86 \pm 3.15	84.01 \pm 5.94	27.26 \pm 1.53
Huejucar-Ref-d15	57.72 \pm 2.23	80.88 \pm 3.51	27.61 \pm 1.14
Huejucar-Ref-d17	58.38 \pm 2.93	78.82 \pm 1.29	27.65 \pm 1.84
Huejucar-Ref-d19	50.75 \pm 3.77	75.85 \pm 4.01	24.88 \pm 1.26
Merita-Ref-1	38.96 \pm 5.05	111.41 \pm 4.11	17.48 \pm 3.11
Merita -Ref-3	39.00 \pm 2.73	112.38 \pm 2.03	17.33 \pm 1.68
Merita -Ref-5	43.17 \pm 4.44	109.45 \pm 2.35	20.23 \pm 2.74
Merita -Ref-7	39.69 \pm 1.82	109.39 \pm 1.96	18.13 \pm 1.21
Merita -Ref-9	44.31 \pm 3.56	106.89 \pm 3.11	20.74 \pm 2.25
Merita -Ref-d11	44.76 \pm 3.06	105.84 \pm 2.07	21.59 \pm 1.78
Merita -Ref-d13	48.80 \pm 2.96	103.52 \pm 1.6	23.82 \pm 2.23
Merita -Ref-d15	49.60 \pm 4	99.06 \pm 3.84	24.02 \pm 2.21
Merita -Ref-d17	55.11 \pm 6.02	90.60 \pm 5.25	26.18 \pm 2.69
Merita -Ref-d19	55.80 \pm 2.75	88.55 \pm 6.41	26.67 \pm 2.16
Merita -Ref-d21	58.22 \pm 3.37	87.80 \pm 3.82	27.95 \pm 1.66

MERITA



HIDROZAC



CAXCANA



CALVILLO S-XXI



HUEJUCAR

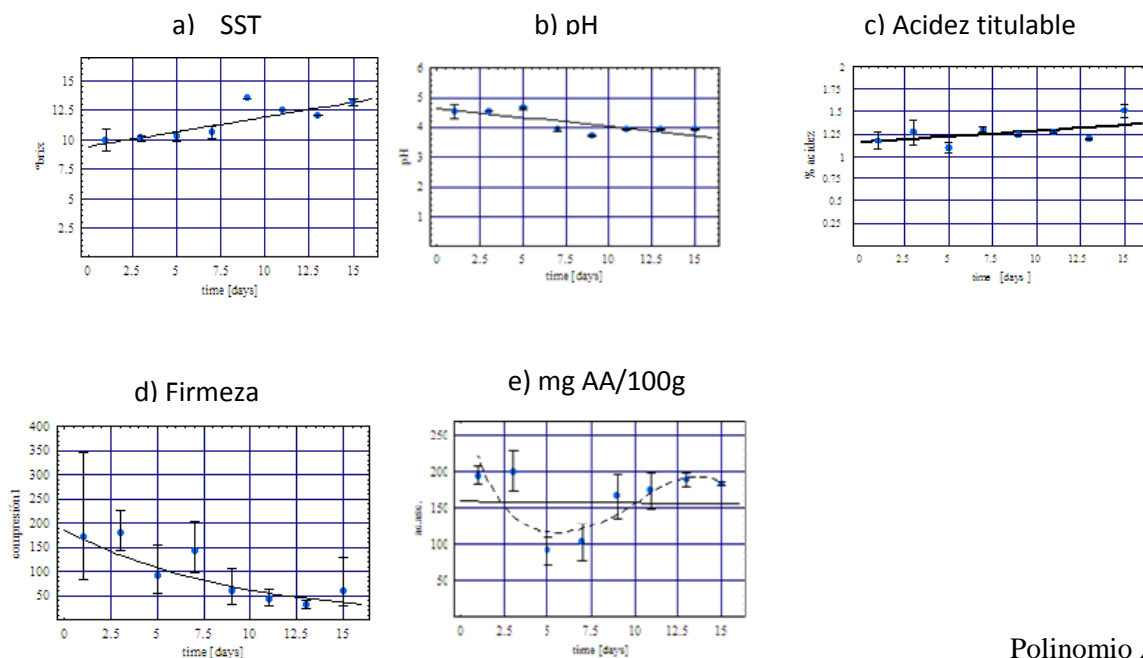


Figura 8. Aspecto general de color de epicarpio en frutos de guayaba durante periodo de almacenamiento

ANEXO 3. EVOLUCIÓN DE PARÁMETROS FISIQUÍMICOS DURANTE PERIODO DE ALMACENAMIENTO. BASE DEL MODELO PROBABILÍSTICO.

ALMACENAMIENTO: REFRIGERACIÓN

- CALVILLO-SXXI

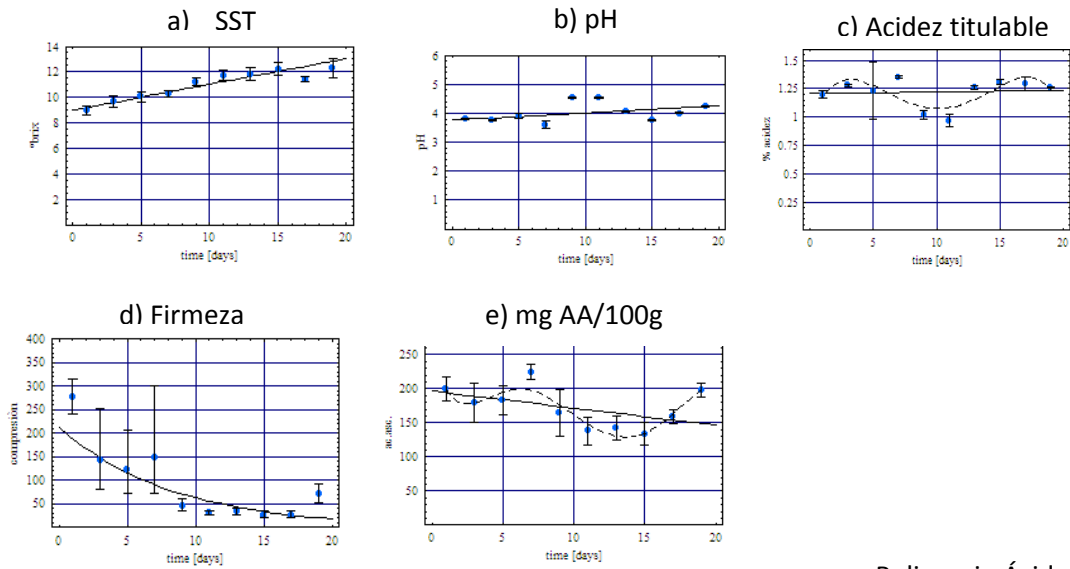


Polinomio AA:

$$5.7763 - 0.427854 t + 0.0543932 t^2 - 0.00188855 t^3$$

Comportamiento general de parámetros fisicoquímicos var. Calvillo-SXXI almacenada en Refrigeración. Sobre eje Y se muestran para a)°brix, b)pH, c)% acidez, d)Newtons, e)mgAA/100g. Sobre eje X se muestra tiempo de almacenamiento en días.

- **CAXCANA**

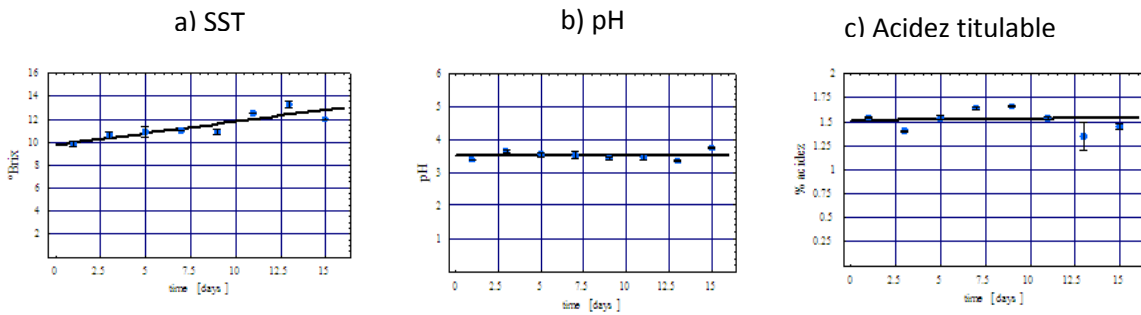


Polinomio Ácido ascórbico:

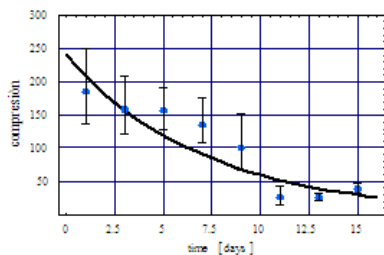
$$5.57375 - 0.396716 t + 0.134965 t^2 - 0.0180256 t^3 + 0.00098995 t^4 - 0.0000189216 t^5$$

Comportamiento general de parámetros fisicoquímicos var. Caxcana almacenada en Refrigeración. Sobre eje Y se muestran para a)°brix, b)pH, c)% acidez, d)Newtons, e)mgAA/100g. Sobre eje X se muestra tiempo de almacenamiento en días.

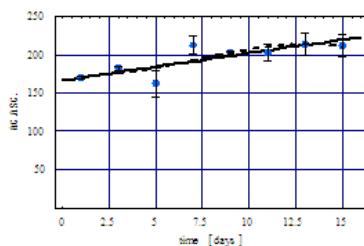
- **HIDROZAC**



d) Firmeza



e) mg AA/100g



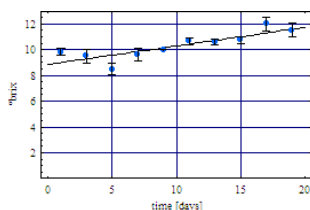
Polinomio AA:

$$5.134 - 0.0020487t + 0.0041645t^2 - 0.00020692t^3$$

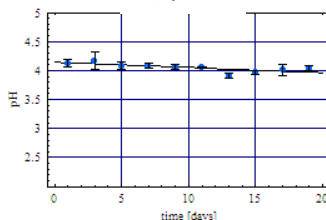
Comportamiento general de parámetros fisicoquímicos var. HidroZac almacenada en Refrigeración. Sobre eje Y se muestran para a)°brix, b)pH, c)% acidez, d)Newtons, e)mgAA/100g. Sobre eje X se muestra tiempo de almacenamiento en días.

• HUEJUCAR

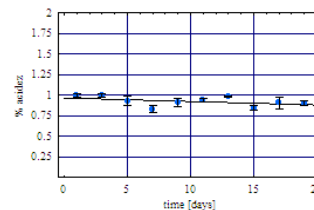
a) SST



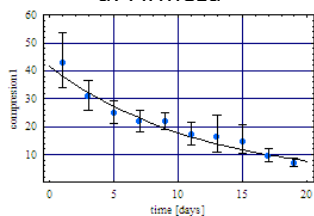
b) pH



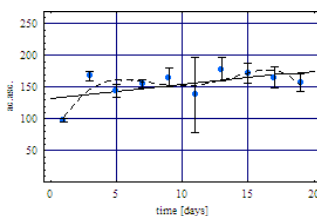
c) Acidez titulable



d) Firmeza



e) mg AA/100g

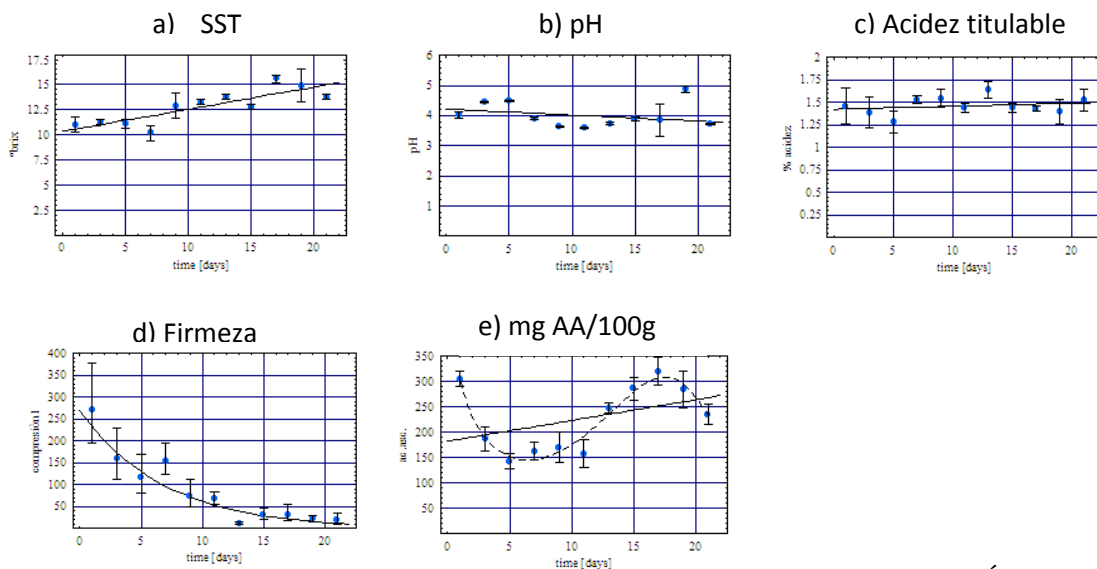


Polinomio AA:

$$4.29567 + 0.395513 \tau - 0.0682357 \tau^2 + 0.00469883 \tau^3 - 0.000110301 \tau^4$$

Comportamiento general de parámetros fisicoquímicos var. Huejucar almacenada en Refrigeración. Sobre eje Y se muestran para a)°brix, b)pH, c)% acidez, d)Newtons, e)mgAA/100g. Sobre eje X se muestra tiempo de almacenamiento en días.

- **MERITA**



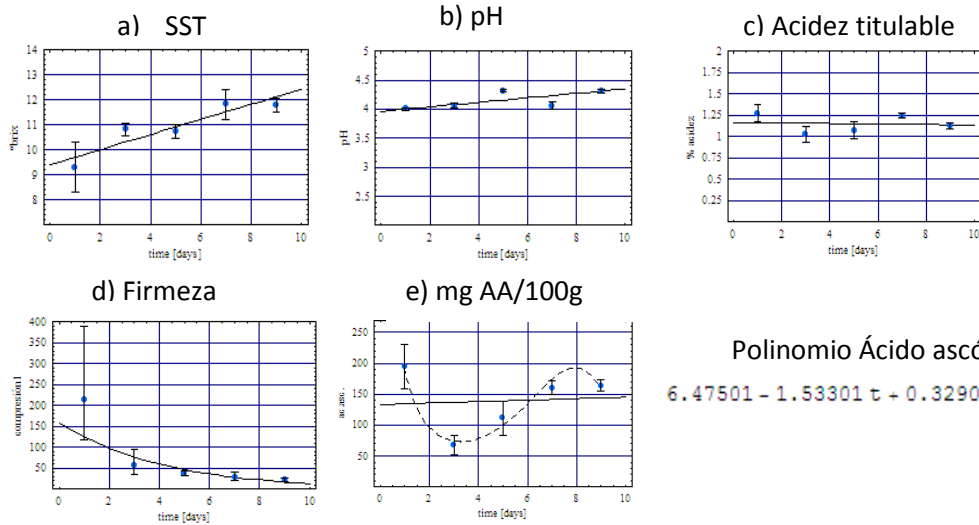
Polinomio Ácido ascórbico:

$$6.05335 - 0.37858 t + 0.0401372 t^2 - 0.00111721 t^3$$

Comportamiento general de parámetros fisicoquímicos de var. Merita almacenada en Refrigeración. Sobre eje Y se muestran para a) %brix, b) pH, c) % acidez, d) Newtons, e) mgAA/100g. Sobre eje X se muestra tiempo de almacenamiento en días

ALMACENAMIENTO: TEMPERATURA AMBIENTE

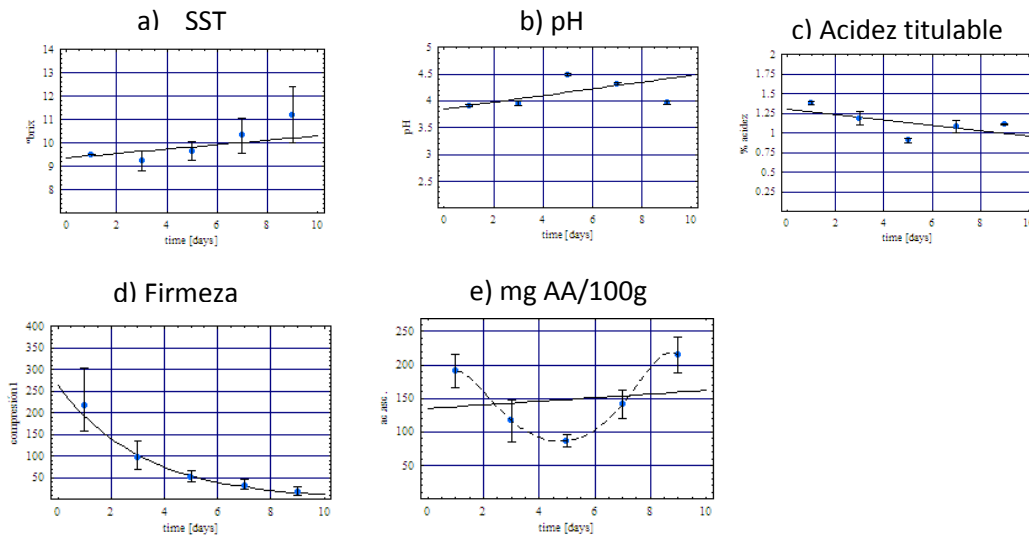
- CALVILLO -SXXI**



Polinomio Ácido ascórbico:
 $6.47501 - 1.53301 \tau + 0.329071 \tau^2 - 0.0195529 \tau^3$

Comportamiento general de parámetros fisicoquímicos de var. Calvillo-SXXI (superior) y Caxcana (inferior) almacenadas en T°Ambiente. Sobre eje Y se muestran para a)°brix, b)pH, c)% acidez, d)Newtons, e)% de A.A. Sobre eje X se muestra tiempo de almacenamiento en días.

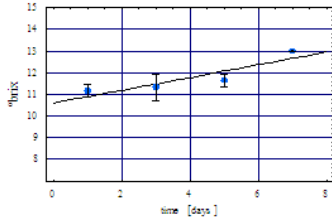
- CAXCANA**



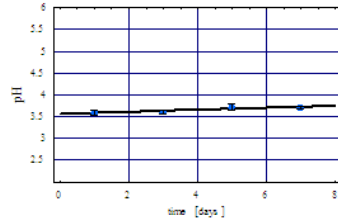
Polinomio Ácido ascórbico: $4.98641 + 0.608543 \tau - 0.411924 \tau^2 + 0.0727529 \tau^3 - 0.0037744 \tau^4$

- **HIDROZAC**

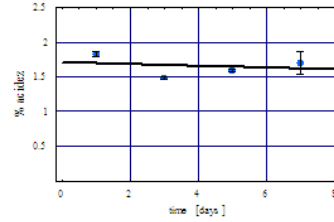
a) SST



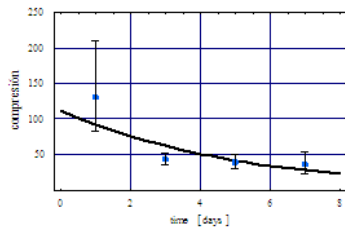
b) pH



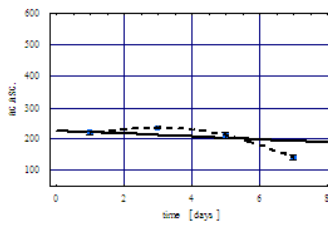
c) Acidez titulable



d) Firmeza



e) mg AA/100g



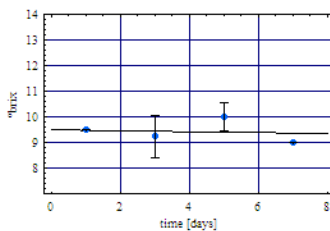
Polinomio AA:

$$5.32318 + 0.0611675 t + 0.00194989 t^2 - 0.00265393 t^3$$

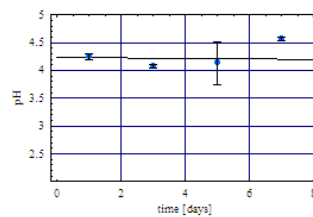
Comportamiento general de parámetros fisicoquímicos de var. HidroZac almacenada en T°Ambiente. Sobre eje Y se muestran para a)°brix, b)pH, c)% acidez, d)Newtons, e)mgAA/100g. Sobre eje X se muestra tiempo de almacenamiento en días.

- **HUEJUCAR**

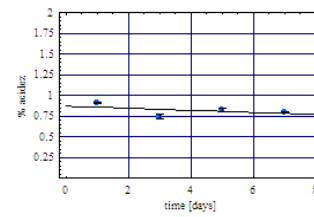
a) SST

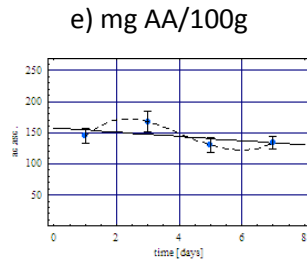
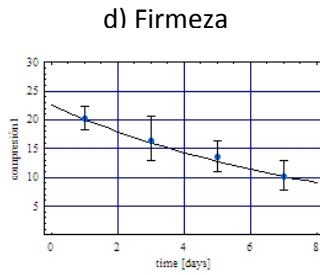


b) pH



c) Acidez titulable

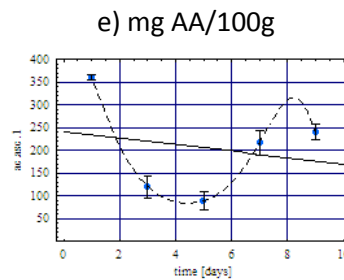
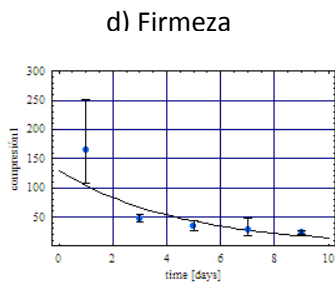
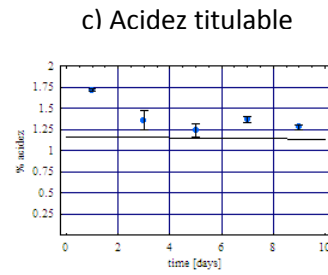
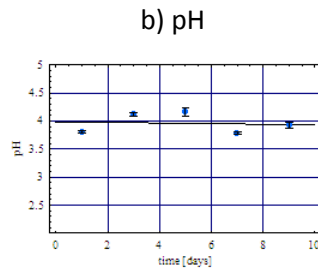
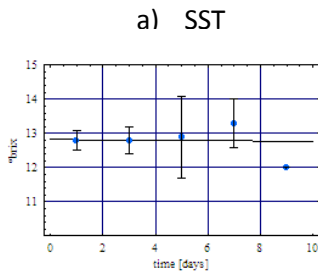




Polinomio Ácido ascórbico: $4.53592 + 0.600505 t - 0.177672 t^2 + 0.0141812 t^3$

Comportamiento general de parámetros fisicoquímicos de var. Huejucar almacenada en T°Ambiente. Sobre eje Y se muestran para a)°brix, b)pH, c)% acidez, d)Newtons, e)mgAA/100g. Sobre eje X se muestra tiempo de almacenamiento en días.

- MERITA**



Polinomio Ácidoascórbico: $5.99427 + 0.279588 t - 0.483986 t^2 + 0.103709 t^3 - 0.00600921 t^4$

Comportamiento general de parámetros fisicoquímicos de var. Merita almacenada en T°Ambiente. Sobre eje Y se muestran para a)°brix, b)pH, c)% acidez, d)Newtons, e)mgAA/100g. Sobre eje X se muestra tiempo de almacenamiento en días.

ANEXO 4. ANÁLISIS SENSORIAL

La evaluación sensorial es una disciplina científica que permite definir, medir, analizar e interpretar las características de un producto, utilizando para este propósito los órganos de los sentidos a lo largo de la consideración de que no existe ningún instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana. Surge como disciplina para medir la calidad de los alimentos, conocer la opinión y mejorar la aceptación de los productos por parte del consumidor. La evaluación sensorial no solamente se tiene en cuenta para el mejoramiento y optimización de los productos alimenticios existentes, sino también para realizar investigaciones en la elaboración e innovación de nuevos productos, en el aseguramiento de la calidad y para su promoción y venta.

Este último punto es primordial, ya que no se piensa al comenzar en el impacto que puede producir el producto en el consumidor final; es importante tener en cuenta la opinión del consumidor para así poder determinar las especificaciones de acuerdo a las expectativas y necesidades del mercado.

La aceptación o rechazo del producto por parte del panelista, es susceptible de ser medida con la ayuda de diferentes pruebas sensoriales, clasificadas en discriminativa, descriptiva y afectiva, encontrándose en esta última el tipo de prueba hedónica que tiene como objetivo determinar la aceptabilidad de consumo de un producto, haciendo uso de panelistas no entrenados (Rivas, 2010).

Materiales y métodos

a) Panelistas: Se convocaron como mínimo 100 panelistas (Hough, *et al.* 2006; Watts, *et al.* 1992) de ambos sexos masculino y femenino, no entrenados a los cuales fue requerido: ser consumidores regulares del fruto de guayaba (como mínimo una vez al mes), asistir puntualmente a las diferentes sesiones de degustación de las cinco variedades de guayaba, tener buena concentración y disposición durante el desarrollo del panel, evitar la ingesta de alimentos 30

minutos antes de la prueba, o caso contrario, sin haber probado bocado desde varias horas antes, no estar involucrados en el desarrollo del producto en estudio (Hernández, 2005).

b) Sitio de preparación y aplicación de la prueba:La sala fue seleccionada contemplando las condiciones favorables para la realización del panel y fue adecuada en cabinas individuales.

- Área de preparación de la muestra:

Este sitio se encontró separado de los cubículos o sala de prueba o catación, para evitar que los panelistas observaran la preparación de las muestras.

La sala de preparación de las muestras constó de:un extractor de olores para evitar que llegaran al área de pruebas, mesa de trabajo o mesones en concreto, tablas de picado, cuchillos, platos y demás elementos necesarios para preparar y presentar las muestras a los panelistas como bandejas, recipientes plásticos, etc.

Las condiciones de esta área constaron de un buen flujo de trabajo, con pisos, paredes y muebles de fácil mantenimiento.

- Área para la realización de las pruebas o catación de las muestras:

Especificaciones: Lugar retirado de zonas de ruido, área tranquila, temperatura ambiente entre 18-22 C, iluminación uniforme preferiblemente natural, buena ventilación libre de olores extraños, colores claros en las paredes, que no interfieran con el producto y que no cansen al panelista. (Hernández, 2005)

c) Muestras:

- Cada muestra fue identificada con un número de tres cifras elegido aleatoriamente.
- Temperatura: las muestras se presentaron a la temperatura a la cual se consumen normalmente el fruto (18-23°C).

- Tamaño: el fruto fue cortado en rebanadas de aproximadamente 15 gramos, las cuales contenían una porción representativa de cada parte del fruto.
- Número de muestras: en una misma sesión no se proporcionaron más de tres muestras al mismo tiempo a los panelistas, para evitar fatigas y llenura.

d) Materiales para servir las muestras:Platos y vasos desechables, servilletas, conos de papel, bolsas de plástico, jarra de plástico y charolas.

e) Horario de la prueba:Las pruebas fueron realizadas en un horario entre 11am y 1pm.

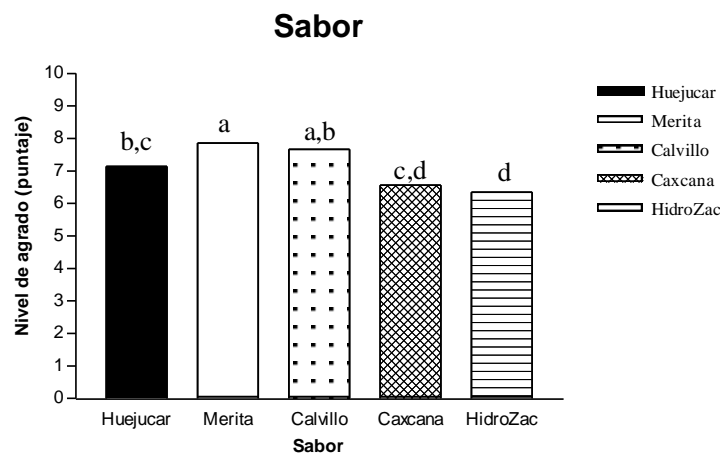
f) Presentación de la muestra:Se colocó en un mantel desechable el plato con dos rebanadas de muestra, una expuesta y la otra cubierta con un cono de papel con la finalidad de evitar juicio por color del fruto. A un costado se dispuso un vaso con agua y una galleta sin sal montada sobre una servilleta, por otro lado la encuesta, pluma y lentes oscuros los cuales se colocaron dadas las instrucciones de la hoja de evaluación (Fig.9).

Resultados

Sabor.

Los resultados obtenidos del análisis sensorial evaluando las características de sabor, textura y color, se encontró que para el atributo Sabor el puntaje más alto lo obtuvo la variedad Merita con 7.9 puntos, seguido de Calvillo con 7.7puntos (Gráfica 7). Cabe mencionar que en el análisis estadístico de los datos se obtuvo un valor de $r^2=0.1$, lo cual era de suponerse al tratarse de un estudio sensorial en donde las percepciones de cada individuo difieren notablemente, por tanto, el análisis de Tukey-Kramer y la identificación de diferencia estadística significativa fueron consideradas como tendencias de comportamiento. Dicho de esta manera, la tendencia a un nivel de agrado mayor por Merita es atribuido al alto porcentaje de SST que presentó (12.8°Brix), obteniendo a T° Ambiente el valor más elevado

de dicho parámetro aunado a que presentó un pH más alto que el resto de las variedades; si se observa el valor de AT fue alto (1.6%), por lo que en la tabla de descriptores basada en los comentarios de los panelistas se muestra que se comentó que el fruto era “poco ácido”, y con alta incidencia se comentó acerca del sabor “Dulce” del fruto (Tabla 8). Por otro lado, la variedad que presentó una tendencia a un nivel de agrado menor en cuanto a sabor fue HidroZac con 6.3 puntos seguida de Caxcana con 6.6 puntos, de acuerdo a los descriptores HidroZac se caracterizó por resaltar un sabor “poco ácido” y en menor proporción como “muy ácido” e “insípido”, observando que en el análisis fisicoquímico ésta variedad presentó el mayor porcentaje de AT (1.7%) y un pH bajo de 3.5. Para Caxcana los descriptores se inclinaron hacia “poco ácido”, “insípido” y “muy ácido”, si se comparan estas observaciones con el análisis fisicoquímico se puede observar que el sabor insípido podría ser debido a la baja proporción de SST (9.3°Brix), y por ende resalta el sabor ácido del fruto, donde se obtuvo 1.3% AT y pH de 3.8.



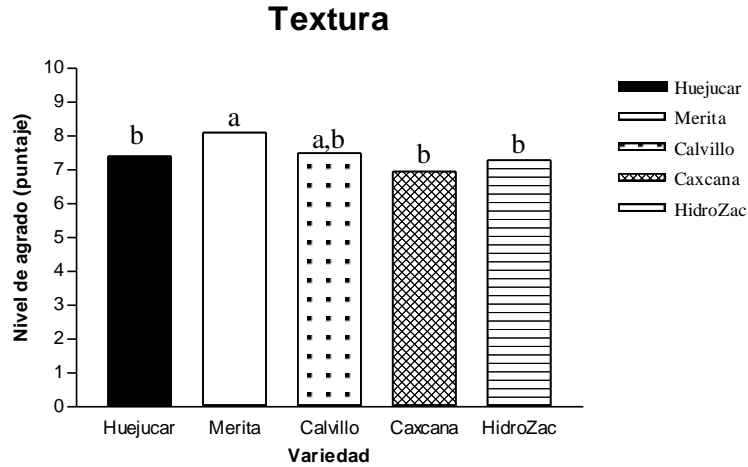
Gráfica 7. Nivel de agrado de sabor para análisis sensorial de cinco variedades de guayaba. (Prueba de Tukey-Kramer, $\alpha \leq 0.05$. $r^2 = 0.1$) Variedades con la misma letra no difieren estadísticamente.

Tabla 8. Descriptores de “sabor”. Colores intensos indican mayor incidencia de comentarios, color blanco simboliza cero incidencia.

Genotipo	SABOR								
	Poco ácido	Ácido	Muy ácido	Poco dulce	Dulce	Insípido	Amargo	Agrio	Sobremaduro
Calvillo	■	■	■	■	■	■	■	■	■
HidroZac	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Huejucar	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Merita	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Caxcana	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Textura

La variedad que mayor puntaje obtuvo en Textura fue Merita, con 8.1 puntos donde resaltó por ser un fruto “firme” y “arenoso”, así mismo presentó una resistencia a la fuerza de compresión y una tasa de cambio intermedia respecto del resto de las variedades. A Caxcana le fue atribuido un menor puntaje, de 6.9, destacando en los descriptores por ser de textura “suave” y “arenosa”, sin embargo en el análisis fisicoquímico ésta variedad presentó la mayor resistencia a la fuerza de compresión, asumiendo diversidad entre frutos ensayados y degustados. El resto de las variedades oscilaron en puntajes de 7.3 y 7.5 (Gráfica 8) donde se mencionó de manera constante que Calvillo fue un fruto “suave” al igual que Huejucar aunque en menor proporción. En descriptores, las cinco variedades tuvieron en común ser de textura “arenosa” (Tabla 9), esto debido a la composición natural del fruto, ya que los grupos de escléridas dan una textura granular a la epidermis y a su pulpa, como en la guayaba (Pantástico, 1979). Se comentó con poca frecuencia que las variedades Calvillo, Huejucar, Merita y Caxcana contenían muchas semillas, explicándose de igual manera, a que el fruto presenta por naturaleza abundantes semillas en el endocarpio.



Gráfica 8. Nivel de agrado de textura para análisis sensorial de cinco variedades de guayaba. (Prueba de Tukey-Kramer, $\alpha \leq 0.05$. $r^2=0.04$) Variedades con la misma letra no difieren estadísticamente.

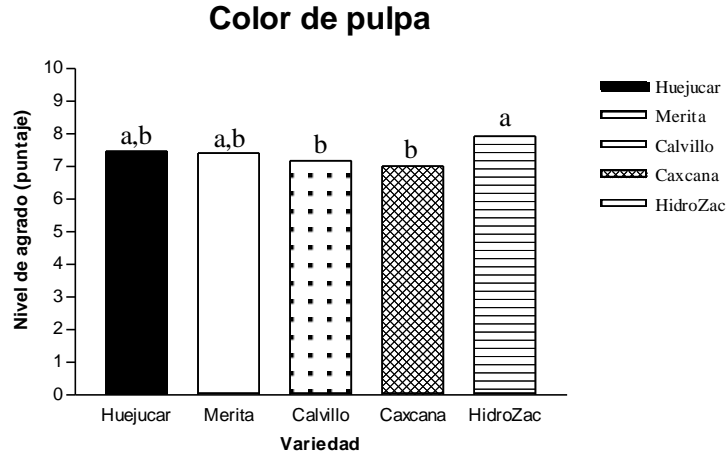
Tabla 9. Descriptores de “textura”. Colores intensos indican mayor incidencia de comentarios, color blanco simboliza cero incidencia.

Genotipo	TEXTURA						
	Arenosa	Blanda	Suave	Cremosa	Firme	Dura	Muchas semillas
Calvillo	Light Gray	Light Gray	Black	Light Gray	White	Light Gray	Light Gray
HidroZac	Light Gray	Light Gray	Light Gray	White	White	Light Gray	Light Gray
Huejucar	Dark Gray	Light Gray	Dark Gray	Dark Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray
Merita	Dark Gray	White	Light Gray	Light Gray	Dark Gray	White	Light Gray
Caxcana	Black	Light Gray	Dark Gray	Light Gray	White	Light Gray	Light Gray

Color de pulpa

Con respecto al color de pulpa de las variedades de guayaba, se obtuvo interesantemente que la mejor puntuación fue de HidroZac con 7.9 (Gráfica 9), este germoplasma de pulpa roja tuvo como descriptores “poco usual” y “llamativo” (Tabla 10), a pesar de haber presentado la tendencia mas baja de agrado en atributo “Sabor”, sugiriendo que los panelistas de entre 18 y 33 años de edad gustan de variedades de color de pulpa roja o rosa, ya que la segunda mejor puntuación fue de Huejucar, que es de pulpa jaspeada, siendo los descriptores los mismos que para HidroZac, además de “poco usual” y “llamativo” se comentó que era “apetitoso y “falto de color” , tal vez al hacer la comparación con la pulpa roja de HidroZac. Otro comentario realizado con baja incidencia, fue que a los consumidores no les agradó el color de pulpa ya que mencionaron que no era un color clásico de guayaba y por lo tanto no les era apetecible, por otro lado, algunos panelistas comentaron que al ver el color de pulpa roja les hacía suponer que tendría un sabor más dulce que las de pulpa crema.

Merita, Calvillo y Caxcana fueron calificadas con 7.4, 7.2 y 7.0 respectivamente (Gráfica Anexo 4.3), destacando el descriptor “falta de color” para la pulpa de Caxcana.



Gráfica 9. Nivel de agrado de color de pulpa de cinco variedades de guayaba para análisis sensorial. (Prueba de Tukey-Kramer, $\alpha \leq 0.05$. $r^2 = 0.03$) Variedades con la misma letra no difieren estadísticamente.

Tabla 10. Descriptores de “color de pulpa”. Colores intensos indican mayor incidencia de comentarios, color blanco simboliza cero incidencia.

Genotipo	COLOR				
	Poco usual	Llamativo	Poco llamativo	Apetitoso	Falto de color
Calvillo					
HidroZac					
Huejucar					
Merita					
Caxcana					

ANEXO 5. PUBLICACIONES

- Artículos en revistas JCR.

1. Estimation of ripening rate in guava fruit. Maldonado-Sierra N.E., Maximov S., Padilla-Ramírez J.S., Yahuaca-Juarez B., Cortes-Penagos C.J. (2013) *Postharvest Biology and Technology*. *Enviado*.

- Artículos en extenso, memorias de congresos.

1. “Modelado del proceso de maduración en guayaba (*Psidium guajava* L.)”. 2do Foro académico del posgrado en ciencias biológicas y agropecuarias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. Mayo 2011.

2. “Método para determinación de velocidad de cambio de sólidos solubles totales y pH en cultivares de guayaba (*Psidium guajava* L.)”. VIII Encuentro participación de la mujer en la ciencia. León, Gto. Mayo 2011.

3. “Cinética de maduración en guayaba”. 1er Congreso de la Facultad de Químico Farmacobiología. Morelia, Mich. Noviembre, 2011.

4. “Firmeza de cinco nuevas variedades de guayaba en diferentes condiciones de almacenamiento”. II Simposium en biotecnología alimentaria y ambiental. Morelia, Mich. Marzo 2012.

5. “Evolución de parámetros fisicoquímicos de nuevas variedades de guayaba bajo diferentes condiciones de almacenamiento”. XIV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Monterrey, N.L. Mayo 2012.

6. “Contenido de ácido ascórbico en variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.) durante periodo de almacenamiento”. IX Encuentro participación de la mujer en la ciencia. León, Gto. Mayo 2012.

7. "Fibra dietética y licopeno de nuevos genotipos de guayaba (*Psidium guajava* L.)". II Simposium antioxidantes y salud. México, D.F. Octubre 2012.

7. "Análisis sensorial en variedades de guayaba". III Simposium Nacional y 1er Congreso Internacional en Biotecnología alimentaria y Ambiental. Morelia, Mich. Febrero-Marzo 2013.