



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA



TESIS

**“MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE MADURACIÓN EN
VARIEDADES DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.)”**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
QUÍMICO FARMACOBIOLOGO

PRESENTA

NORA ELOISA MALDONADO SIERRA

ASESOR

D.C. CONSUELO DE JESUS CORTÉS PENAGOS

COASESOR

D.C. JOSÉ SAUL PADILLA RAMÍREZ

MORELIA MICHOACÁN, FEBRERO 2011

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Biotecnología “M.C. Víctor Manuel Rodríguez Alcocer” de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo bajo la dirección de la D.C. Consuelo de Jesús Cortés Penagos y la co-asesoría del D.C. José Saúl Padilla Ramírez.

RESUMEN

El fruto de la guayaba es una baya de formas variadas, el color de éste va desde amarilla, roja o rosada muy olorosa y tamaño variado. Es importante conocer la dinámica de crecimiento del fruto, con objeto de proporcionar las condiciones adecuadas y lograr un óptimo desarrollo y calidad de la guayaba.⁽¹⁴⁾ Dado que el fruto es cosechado en forma manual, el personal de campo decide si éste ha alcanzado el grado de madurez adecuado para ser cosechado. Esta madurez de cosecha en frutos perecederos tiene una gran influencia en la calidad y vida de anaquel y puede además afectar la forma en que será manejada, transportada y comercializada.⁽¹⁴⁾ Por tal motivo, el objetivo del presente estudio fue evaluar características fisicoquímicas de 25 variedades de guayaba. De los resultados obtenidos se aplicaron métodos estadísticos para determinar la velocidad de cambio en función del tiempo para cada uno de ellos, relacionándolo con la velocidad de maduración de los frutos, y con ello sugerir la aplicación de variedades de guayaba en distintos sectores de comercialización. Para ello se cosecharon los frutos en estado verde de maduración, del campo experimental “Pabellón”, unidad dependiente del INIFAP ubicado en la región de Xalpa, Ags. Se trasladaron al laboratorio de Biotecnología “Víctor Manuel Rodríguez Alcocer” de la Fac. de Químico Farmacobiología, UMSNH. El fruto fue almacenado en cámara frigorífica a 8°C y H.R.80%. Las etapas evaluadas para el desarrollo del presente trabajo fueron a los 1,4,8,12,16,20 y 24 días de almacenamiento. Las determinaciones llevadas a cabo fueron peso, diámetro, firmeza (resistencia a fuerza de compresión y penetración), porcentaje de semillas, sólidos solubles totales (SST), porcentaje de ácido cítrico y pH. El análisis estadístico aplicado para eliminación de parámetros redundantes fue Análisis de correlación múltiple, posteriormente se agruparon las variedades con un Análisis de componentes principales del cual se consideraron como sobresalientes 11 tipos de germoplasma, a las cuales se les aplicó una prueba de Tukey-Kramer para determinar diferencias estadísticas. Ya depurada la información se evaluó la velocidad de cambio de los SST, pH y ácido cítrico, siendo éstos parámetros los considerados como no redundantes. Se obtuvo que las variedades que mostraron un cambio acelerado en la cantidad de azúcares fueron las de Villahermosa-Tab., la C-120 R-Nay y el Hib-56x46, mientras que las que llevaron a cabo un proceso de cambio paulatino fueron las dos variedades de Segregante Tailandés, C-146 Tec-Col, C-58 BJ-Mich, SnJNuevo-Mich. y Pénjamo,Gto. Por otro lado, las variedades que cambiaron el pH de manera acelerada fueron las dos de Villahermosa-Tab., Pénjamo,Gto., C-58 BJ-Mich. e Hib-56x46, y las que presentaron un cambio de pH tardío fueron las dos Segregante Tailandés, Santiago-Nay , C-146 Tec-Col., SnJNuevo-Mich, C-120 R-Nay. De manera complementaria, las variedades que experimentaron una velocidad acelerada de cambio en porcentaje de acidez fueron Segregante Tailandés, las dos de Villahermosa-Tab., Pénjamo,Gto., y C-120 R-Nay, mientras que las que cambiaron gradualmente ésta concentración fueron Segregante Tailandés, C-146 Tec-Col., SnJNuevo-Mich, Hib-56x46. De esta manera se concluyó que las variedades que presentaron una velocidad acelerada de cambio en sus parámetros podrían sugerirse para consumo local, mientras que las que presentaron cambios paulatinos podrían considerarse para comercialización foránea ya que poseen una vida de anaquel prolongada.

Palabras clave: *Psidium guajava* L., variedades, características, velocidad maduración.

INDICE GENERAL

	Página
Resumen	i
Índice general	ii
Índice de figuras	v
Índice de cuadros	vi
Índice de diagramas	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	3
2.1. Clasificación botánica	4
2.2. Condiciones agroclimáticas de adaptación del guayabo	5
2.3. Descripción botánica	7
2.3.1. Descripción del fruto de la guayaba	8
2.4. Composición química del fruto	10
2.4.1. Importancia nutricional y medicinal	12
2.5. Fenología	16
2.6. Proceso de maduración del fruto de la guayaba	19
2.6.1. Maduración	19
2.6.2. Fenómeno climatérico	19
2.6.3. Cambios fisicoquímicos en el fruto durante el Estado de maduración	20
2.7. Índices de madurez y cosecha	22
2.7.1. Índices de cosecha	22
2.7.2. Escala de colores de maduración	24
2.7.3. Clasificación por calidad del fruto	26
2.8. Conservación de recursos fitogenéticos	26
2.9. Diversidad genética	28
2.9.1. Híbrido	31

5.5.2. Estimación de la velocidad de maduración	48
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
6.1. Análisis estadístico 1ª parte	55
6.1.1. Análisis de correlación múltiple	55
6.1.2. Análisis de componentes principales	55
6.1.3. Prueba de Tukey-Kramer	58
6.2. Análisis estadístico 2ª parte	62
6.2.1. Velocidad de cambio en °Brix	62
6.2.2. Velocidad de cambio en pH	65
6.2.3. Velocidad de cambio en ácido cítrico	67
VII. CONCLUSIONES	70
VIII. CITAS BIBLIOGRÁFICAS	71
IX. ANEXOS	77
Anexo 1. Imágenes germoplasma	77
Anexo 2. Gráficas de variación de °Brix, pH y acidez por periodo de almacenamiento	83

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
2.1. Guayabo	4
2.2. Fruto del guayabo	5
2.3. Fracciones de corte de guayaba	9
2.4. Escala de colores de maduración de la guayaba	25
2.5. Propagación por estacas	35
2.6. Propagación por acodo aéreo	35
2.7. Propagación por injerto	37

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
2.1. Composición química de la guayaba	11
2.2. Algunos componentes fitoquímicos de la guayaba	11
2.3. Aporte nutricional de la guayaba	13
2.4. Relación de híbridos generados	29
5.1. Relación clave-procedencia de variedades de germoplasma	42
6.1. Relación clave-procedencia de variedades de germoplasma	57
6.2. Comparación estadística de DL	59
6.3. Comparación estadística de DE	60
6.4. Comparación estadística de °Brix	61
6.5. Comparación estadística de pH	61
6.6. Claves correspondientes a los números en diagramas	65

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

	Página
5.1. Procedimiento general	41
5.2. Seguimiento por lote para los diferentes días de Almacenamiento	41
6.1. Componentes principales	56
6.2. Velocidad de cambio de °Brix en función del tiempo	64
6.3. Velocidad de cambio de pH en función del tiempo	67
6.4. Velocidad de cambio de ácido cítrico en función del tiempo	64

I. INTRODUCCIÓN

La guayaba, fruto climatérico, perteneciente a la familia *Myrtaceae*, género *Psidium* y especie guajava 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 7 cm de ancho. ⁽²⁰⁾ Puede presentar un peso entre 60 y 500 gramos por pieza y un pH ácido entre 3.4-4.2. ⁽²⁵⁾

El guayabo se ha convertido en un cultivo de importancia económica en varios países del mundo por su rusticidad, producción abundante de frutos, alto contenido de vitamina C y la amplia gama de derivados del fruto. ⁽²⁴⁾

En México existen indicadores de que el cultivo del guayabo cada día adquiere mayor importancia, tanto por el incremento registrado en el consumo per cápita así como por el incremento en la superficie de plantación principalmente en los estados de Michoacán, Estado de México, Querétaro, Nayarit, Guanajuato y Jalisco; los cuales participan significativamente con la producción tradicional de los estados de Aguascalientes y Zacatecas. ⁽²⁵⁾

En el periodo de Agosto a Febrero se produce el mayor volumen de fruta, representando el 60% de la producción anual en México. Para obtener fruto fuera de esta época y lograr mayor precio, los productores deben hacer uso de tecnología que les asegure el éxito buscado ⁽²⁵⁾. Cabe también la alternativa de la producción de diferentes variedades que permitan la obtención de fruto durante todo el año.

La diversidad de los recursos fitogenéticos es fundamental para hacer frente a condiciones cambiantes, una reducida base genética en los cultivos los hace más vulnerables a la aparición de nuevas plagas y enfermedades, la introducción de microorganismos exóticos o cambios ambientales. Es por ello que es importante conservar una amplia base genética, con la cual se pueda reducir el grado de vulnerabilidad de los recursos genéticos. En este sentido, la caracterización y evaluación de las colecciones de germoplasma proporcionan

información del tipo de material genético conservado su variabilidad, facilitando el aprovechamiento de los caracteres que representen algún beneficio. ⁽²⁴⁾

En el caso de los recursos genéticos de *P. guajava*, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias a través del área experimental “Los Cañones” ubicado en el municipio de Huanusco, Zacatecas, siguió una estrategia de conservación “*ex situ*”, mediante la colecta de germoplasma en diversas áreas de México, con el propósito de estudiar su variabilidad, caracterización del material colectado e incrementar la base genética de esta especie. ⁽²⁴⁾

Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar fisicoquímicamente diferentes variedades de guayaba procedentes de conservación *ex situ*, con la finalidad de correlacionar los parámetros evaluados y aplicar un método estadístico que permita determinar la velocidad de maduración del germoplasma, sugiriendo con ello sus aplicaciones a mercado local o foráneo en función de su vida de anaquel, ya que la guayaba por ser un fruto altamente perecedero, debe comercializarse antes de alcanzar su estado de maduración máxima pues se tornan tan suaves que es complicada su manipulación y transporte hacia el mercado. ⁽¹⁵⁾

II. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS.

El guayabo, es un árbol frutal originario de Mesoamérica, posiblemente en la región tropical comprendida entre México y Perú, de donde los españoles lo distribuyeron por los continentes de Europa, Asia y África, donde rápidamente fue valorado como cultivo potencial, siendo a la fecha la India el principal productor de guayaba en el mundo, el cual junto con Pakistán producen el 50% de la producción mundial, seguidos por México con 25% y Colombia, Egipto y Brasil con un 5%.⁽¹⁴⁾

Existen antecedentes de que la guayaba fue domesticada en el Perú hace varios miles de años, debido a que en sitios arqueológicos peruanos se han encontrado semillas de guayaba, junto con frijol, maíz, calabaza y otras plantas cultivadas.⁽¹⁴⁾

Hace cientos de años, los aventureros comerciantes y misioneros europeos tomaron estos “sabrosos frutos” de la cuenca del Amazonas y los llevaron hacia África, Asia, India y las regiones tropicales del Pacífico. Actualmente son producidos en las áreas tropicales del mundo.⁽¹⁴⁾

Dos situaciones podrían explicar la hipótesis de que el guayabo tiene su origen en América: a) En el trópico americano se encuentran más de 140 especies del género *Psidium* y solo una pequeña porción es de la India, y b) Los árboles de guayaba *Psidium guajava* L., crecen silvestres desde el sureste de México, Centroamérica y Perú. .⁽¹⁴⁾

Los españoles llevaron el guayabo a Europa, donde se establecieron huertos en la región mediterránea de Francia y España, de donde pasó a la India en el siglo XVII, extendiéndose posteriormente al Asia tropical llegando su cultivo a Hawai en 1790. ⁽²⁴⁾

Actualmente en la India, es el cuarto frutal más importante por la superficie que ocupa, con un área cultivada de 150 mil hectáreas y una producción de 1.8 millones de toneladas. ⁽²⁴⁾

En México existen indicadores de que el cultivo del guayabo cada día adquiere mayor importancia, tanto por el incremento registrado en el consumo per cápita

que pasó de 1.8kg en 1990 a 2.3kg en 2001, así como por el incremento en la superficie de plantación principalmente en los estados de Michoacán, Estado de México, Querétaro, Nayarit, Guanajuato y Jalisco; los cuales participan significativamente con la producción tradicional de los estados de Aguascalientes y Zacatecas. ⁽²⁵⁾

En el periodo de Agosto a Febrero se produce el mayor volumen de fruta, representando el 60% de la producción anual en México. Para obtener fruto fuera de esta época y lograr mayor precio, los productores deben hacer uso de tecnología que les asegure el éxito buscado ⁽²⁵⁾. Cabe también la alternativa de la producción de diferentes variedades que permitan la obtención de fruto durante todo el año.

2.1. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA.

Clasificación y descripción del guayabo según Linneo ⁽⁴⁰⁾:

Reino: Vegetal

Subreino: Fanerógamas

Clase: Angiospermas

Subclase: Dicotiledónea

Subdivisión: Lignosae

Orden: Myrtales

Familia: Myrtaceae

Género: *Psidium*

Especie: *guajava* ⁽²⁵⁾



Figura 2.1. Guayabo.

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*, la cual fue tomada por los españoles y luego, con algunas modificaciones, pasó a otros idiomas. ⁽²⁵⁾

El fruto es carnoso en algunas especies, mientras que en otras es seco (Fig.No.2.2). Esta característica determina la división de la familia en dos subfamilias: Mirtoidea y Leptospermoidea. ⁽²⁰⁾

El género *Psidium* comprende aproximadamente 150 especies, algunas de las mas importantes son: *P.cattleianum* , *P.cattleianum* var. *lucidum*, *P.friedrichsthalianum* y *Psidium guajava* L. Los árboles y arbustos de esta familia son un variado grupo de plantas que ofrecen posibilidades definidas para el desarrollo de frutos de calidad a través del mejoramiento y la selección de plantas. ⁽²⁰⁾



Figura No. 2.2. Fruto del guayabo. ⁽⁴⁶⁾

2.2. 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. ⁽²⁰⁾

En países como la India, Jamaica y Costa Rica el guayabo se encuentra a altitudes entre los 1,000 a 1,400 metros sobre el nivel del mar (msnm), mientras que en Ecuador se encuentra a una altitud de 2,300 msnm.

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.⁽²⁰⁾

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.⁽²⁵⁾ 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.⁽²⁰⁾

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 mas resistente a la sequía que la mayoría de los árboles frutales tropicales. Así, se ha observado que en países donde la estación seca es prolongada (cinco meses o mas) en un año se obtiene una producción, cuya floración se dispara por la entrada de las lluvias; mientras que en los climas tropicales con alta precipitación, estacionada durante el año, con insolación suficiente que permite la actividad de insectos, se han observado dos producciones al año.

Durante la época de fructificación se requiere una gran cantidad de humedad para la obtención del rendimiento máximo, aunque una lluvia abundante durante el periodo de floración tiende a reducir el amarre del fruto, probablemente porque los insectos reducen su actividad. Las lluvias fuertes y prolongadas, si bien causan un crecimiento abundante a la planta, también provocan en la fruta rotura de la piel, seguida por la descomposición, con lo

cual se vuelve acuosa y de mal olor, o insípida y de una calidad pobre, razón por la cual, bajo éstas condiciones, el control fitosanitario se debe realizar con más frecuencia que en climas secos⁽²⁰⁾.

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.⁽²⁵⁾

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.⁽²⁵⁾

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.⁽²⁵⁾

2.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.

La guayaba (*Psidium guajava* L.) proviene de un arbusto arborescente , de 3 a 10 m de altura, con el tronco corto y de ramas cerca de la superficie del suelo que varía de 10 a 30 cm de diámetro, frecuentemente produce una gran cantidad de “hijuelos” en la base del tronco.⁽²⁵⁾

El árbol crece simétricamente y presenta una forma de domo. La corteza es lisa, de color café rojizo oscuro, tersa escamosa, la cual se desprende en delgadas escamas. Las ramas jóvenes portan alas angostas en los cuatro lados al principio, convirtiéndose a tetrágonas más tarde, de color verde amarillo y frecuentemente de color rojizo y están cubiertas con pelos finos.⁽²⁵⁾

Las ramas al desarrollarse se tornan de color café rojizo claro, opacas y lisas, con lenticelas diseminadas. Las hojas son simples, opuestas, de pecíolo corto y semirredondo de 0.3 a 1.5 cm de largo, ovaladas o elípticas-oblongas, la

base es obtusa, redondeada o subcordada, con el ápice obtuso, obtusamente acuminado, recortado o puntiagudo entero.⁽²⁵⁾

Las hojas miden de 5.0 a 18.0 cm de largo y de 3.0 a 6.5 cm de ancho, tienen de 10 a 25 pares de nervaduras laterales que son hundidas por arriba y prominentes por abajo, de color amarillo verdoso y se arquean cerca del margen.⁽²⁵⁾

Las flores son axilares, pediceladas, solitarias o se encuentran en cimas cortas de dos a tres flores en brotes jóvenes, rara vez terminales y fragantes. El pedicelo es redondeado, de 2.0 a 4.0 cm de largo y de color verde amarillento. El tubo del cáliz es turbado y algunas veces ovoide, no se produce más allá del ovario y mide de 0.6 a 0.7 cm de largo.⁽²⁵⁾

Los cuatro o cinco pétalos, que presenta la flor son ovalados, blancos, cubiertos de pubescencia densamente apretada en ambas superficies o lisos por dentro y de 1.5 a 2.0 cm de largo. Los estambres son numerosos y están insertados en hileras alrededor del disco y son de 1.0 a 1.5 cm de largo, los filamentos son blancos y las anteras ovoides-oblongas o elipsoidales y son de color amarillo claro. El estilo es filiforme, liso, de color verde amarillento y de 1.2 a 1.5 cm de largo.

Los frutos son globosos, ovoides o piriformes, en algunos cultivares, los frutos presentan entre 5 y 10 surcos longitudinales poco profundos.⁽²⁵⁾

2.3.1. Descripción del fruto de la guayaba.

Por definición, se entiende como *fruto* a la estructura formada a partir del ovario y cuyo desarrollo, normalmente, depende de la fecundación de la ovocélula y la formación de un embrión viable.⁽³⁵⁾

Dicho de otra manera, el *fruto* es un órgano vegetal que proviene de la evolución de la flor fecundada. Comprende una envoltura, el pericarpio, el mesocarpio y las semillas.⁽³⁷⁾ (*Fig.No.2.3*)

El fruto de la guayaba es una baya esférica, globulosa, elipsoidal o piriforme; sus dimensiones varían enormemente de una variedad a otra, es aversugado o liso, densamente punteado, brillante, cm 5 a 12 cm de largo y 5 a 7cm de ancho. ⁽²⁰⁾ Puede presentar un peso entre 60 y 500 gramos por pieza y un pH ácido entre 3.4-4.2. ⁽²⁵⁾

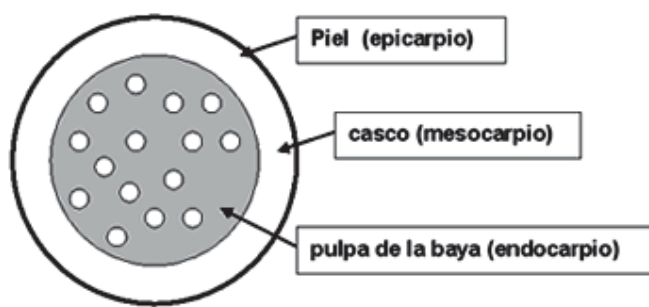


Figura No. 2.3. Fracciones de corte de guayaba ⁽¹⁸⁾

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⁽³⁶⁾ dependiendo de la presencia de carotenoides, licopeno y β -caroteno. ⁽¹⁵⁾

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. ⁽³⁶⁾

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 sabor del fruto completamente maduro es dulce a ligeramente ácido y algo almizclado, el aroma distintivo varía de fuerte y penetrante a moderado y agradable. ⁽⁸⁾ El fruto del guayabo está considerado dentro de los más aromáticos y agradables. ⁽²⁰⁾

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. ⁽⁸⁾

Para la industria de derivados de guayaba, la guayaba rosada es la de más alta calidad por su contenido de azúcares y alto rendimiento en la producción de derivados. Lo contrario a la guayaba blanca que por su textura arenosa y bajo contenido de azúcares hacen inadecuado su uso industrial. ⁽³⁶⁾

Los frutos que proceden de la estación de bajas temperaturas tienen mayor contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable, azúcares totales, ácido ascórbico, pectinas y taninos comparados con frutos de la estación de alta temperatura y alta precipitación, los cuales además se presentan muy acuosos. ⁽⁸⁾

Las semillas son pequeñas, pétreas, triangulares, reniformes, comprimidas; de color blanco, amarillo claro o café amarillento ⁽²⁰⁾, de 0.3-0.5 cm de largo y de 0.2-0.3 cm de ancho ⁽¹⁷⁾.

El 9.4% del peso seco de la semilla corresponde a grasas. Dentro de este porcentaje, 79.1% es ácido linoléico; 7.8%, ácido oléico, y 3.4%, ácido esteárico.

2.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FRUTO.

La composición química del fruto varía entre cultivares y localidades.

En los cuadros No.2.1 y 2.2 se describe la composición de guayabas maduras. ⁽²⁵⁾

Cuadro No. 2.1. Composición química de la guayaba ⁽²⁵⁾

Nutriente	Unidades/100 g de porción comestible*
Calorías	36-50 kcal
Humedad	77-86 %
Fibra cruda	2.8-5.5 g
Proteína	0.9-1.0 g
Grasa	0.1-0.5 g
Ceniza	0.43-0.7 g
Carbohidratos	9.5-10 g
Calcio	9.1-17 mg
Fósforo	17.8-30 mg
Hierro	0.30-0.70 mg
Caroteno (Vitamina A)	200-400 unidades
Tiamina	0.046 mg
Riboflavina	0.03-0.04 mg
Niacina	0.6-1.068
Vitamina B3	40 unidades
Vitamina G4	35 unidades

Cuadro No. 2.2. Algunos componentes fitoquímicos de la guayaba. ⁽²⁵⁾

Grupo	Componentes
Aminoácidos	Alanina, Arginina, Ácido aspártico, Acido glutámico, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Fenilalanina, Prolina, Serina, Tronina, Triptofano, Tirosina, Valina.
Ácidos grasos	Acido palmítico, Acido oleico, Acido palmitoléico, Acido alfa linoleico, Acido esteárico, Acido linoleico.
Azúcar ácido	Acido D-galacturónico, Acido ascórbico (vitamina C).
Acido tricarboxílico	Acido cítrico
Vitaminas	Tiamina, Riboflavina, Acido pantoténico, Niacina, Vit-B6
Minerales	Calcio, Cobre, Hierro, Fósforo, Magnesio, Menganeso, Potasio, Azufre, Zinc.
Azúcares	D-galactosa, Fructosa.
Lípidos	β-Caroteno, ácido mirístico.

Terpenos	Limoneno
----------	----------

2.4.1. Importancia nutricional y medicinal

El amplio uso del fruto de guayaba en la dieta se justifica por su aceptable valor nutritivo. En la India por ejemplo el fruto es conocido como remedio casero para cólicos y constipación. ⁽²⁰⁾

El consumo de la guayaba reduce el estrés oxidativo y modifica el perfil lipídico, con lo cual reduce el riesgo de enfermedades causadas por radicales libres y el elevado colesterol sanguíneo. ⁽¹⁸⁾

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.

El contenido de vitamina C muestra cambios importantes dependiendo de la variedad, estación del año y color de pulpa. En temporada de invierno (Noviembre-Diciembre) se eleva el contenido de ácido ascórbico (325 mg/100 g) mientras que en temporada de lluvia (Julio-Agosto) disminuye (140 mg/100 g). Se ha reportado que las variedades de pulpa blanca son más ricas en vitamina C (142.6 mg/100g) comparadas con las de pulpa rosada (72.2 mg/100 g), aunque éstas últimas son buena fuente de antioxidantes como fenoles y β -carotenos. Ésta vitamina se encuentra en mayor proporción en el pericarpio y va disminuyendo conforme a la parte central del fruto. ⁽¹⁵⁾

La composición generalizada del fruto depende del cultivar, estado de maduración y/o temporada del año. ⁽¹⁵⁾

Otros reportes sobre los aportes nutricionales promedio por cada 100 grs de fruto de guayaba, se presentan en el cuadro No.2.3.

Cuadro No.2.3. Aporte nutricional de la guayaba.⁽²⁵⁾

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

De los elementos contenidos en el fruto, la **fibra** promueve en el ser humano efectos fisiológicos benéficos, como poder laxante, disminución del colesterol y de la glucosa sanguínea, entre otros.⁽¹⁹⁾

La **vitamina C** o ácido ascórbico, encontrada en proporciones altas en el fruto, es una vitamina hidrosoluble sensible al calor⁽⁴⁵⁾, es derivado de los hidratos de carbono (su síntesis química parte de la D-glucosa). Se encuentra principalmente en vegetales frescos y cereales, por tal razón, el consumo rutinario de frutas y verduras aporta la vitamina C requerida diariamente, ya que , al ser hidrosoluble, el hombre no la almacena. A diferencia de otras vitaminas, el humano no la sintetiza. Su absorción ocurre en el intestino delgado mediante un mecanismo dependiente de Na^+ a una velocidad de 1.2 g/día, por lo que los excesos del consumo se eliminan en la orina.

Es necesaria para la síntesis de colágeno, para la formación de los huesos, de la dentina de los dientes, de los cartílagos y de las paredes de los capilares sanguíneos; interviene en reacciones de oxidación-reducción y de hidroxilación de hormonas esteroideas y de aminoácidos aromáticos. Ayuda en la absorción intestinal del hierro, por lo que es fundamental en la dieta de los pueblos que basan su alimentación en granos y semillas.

Su deficiencia en la dieta provoca el escorbuto, ésta enfermedad vuelve al individuo muy susceptible a contraer diversas infecciones, algunas de las cuales son graves; también provoca inflamación articular, hemorragias subcutáneas, incapacidad de los osteoblastos (células productoras de las sustancias intercelulares óseas) para funcionar. ⁽⁵⁾

Con el término de **vitamina A** se agrupa un conjunto de productos derivados de la β -ionona que posee la actividad biológica propia del transretinol o tiene una estructura estrechamente relacionada. El transretinol se considera, como el producto prototipo y recibe el nombre de vitamina A; es la forma mas estable y abundante en la naturaleza. ⁽¹⁹⁾, siendo una vitamina liposoluble.

La provitamina A o β -caroteno se transforma en vitamina A en el organismo conforme éste lo necesite. ⁽³⁸⁾

Además de desempeñar un papel esencial en la retina, la vitamina A interviene en el crecimiento y diferenciación del tejido epitelial y de otros tejidos, como el hueso, en la reproducción y el desarrollo del embrión. Promueve la función inmunitaria y parece que protege frente al desarrollo de ciertos tumores, de ahí el interés que ha despertado el uso de retinoides en la profilaxis del cáncer y de ciertos estados premalignos. Por sus acciones en la piel, los retinodes se emplean en enfermedades de la piel. ⁽¹⁹⁾

La carencia de vitamina A inhibe el desarrollo corporal, produce el endurecimiento del epitelio en varias partes del cuerpo, principalmente de los sistemas respiratorio, visual, reproductivo y urinario, y afecta las estructuras ósea y dental. ⁽⁵⁾

El **Calcio** es el elemento químico más abundante en el ser humano y llega a representar hasta el 2% del peso corporal, equivalente a 1,000-1,500 g en un adulto. Aproximadamente el 99% de este elemento se encuentra distribuido en

las estructuras óseas y el resto, 1% en los fluidos celulares y en el interior de los tejidos. A pesar de que esta segunda fracción es muy pequeña, tiene una enorme influencia funcional ya que interviene en un gran número de transformaciones y mecanismos, como son la coagulación de la sangre, la contracción muscular, la activación enzimática, la transmisión de impulsos nerviosos, etcétera.

Del calcio que se consume, aproximadamente el 40% se absorbe a través del intestino delgado y el resto se elimina en la heces.

Una vez absorbido el calcio se acumula en el plasma sanguíneo, de donde se suministra para la formación de huesos y dientes mediante la hormona calcitonina y las vitaminas A y C. ⁽⁵⁾

El **Hierro** cumple diversas funciones biológicas en el humano, principalmente al transportar y almacenar el oxígeno mediante la hemoglobina y la mioglobina, respectivamente, además de actuar como cofactor de varias enzimas ⁽⁵⁾. Más que cualquier otro metal, el hierro es un elemento clave en el metabolismo de todos los organismos vivos; es necesario para el crecimiento y su consecuente incremento en la masa circulante de hemoglobina depende de la tasa de crecimiento (es decir, crecimiento rápido durante la infancia y crecimiento acelerado de adolescentes)⁽²⁹⁾

Está presente en los alimentos de dos formas: como Fe hemo que se encuentra en la res, pollo, pescado, etcétera, y como Fe no-hemo o inorgánico presente en los granos, leguminosas y vegetales en general.

Su deficiencia provoca anemia, que ha sido identificada en niños menores de 10 años en las zonas rurales de México. ⁽⁵⁾

El **potasio** es un electrolito que interviene en el mantenimiento del equilibrio y distribución del agua al interior de la célula, regula el equilibrio ácido-base, interviene en la transmisión del estímulo nervioso y en el mantenimiento de la función cardíaca, es uno de los componentes de los jugos digestivos en el tracto gastrointestinal, participa en la biosíntesis de proteínas y en la producción de energía partiendo de hidratos de carbono. ⁽³⁹⁾

La excreción de potasio es exclusivamente urinaria. ⁽³¹⁾

El **sodio** es el catión principal del líquido extracelular. Está distribuido en todos los tejidos, su función es regular la distribución hídrica, el equilibrio ácido-base y el osmótico. ⁽⁴⁾ Además de regular el volumen plasmático, interviene en la conducción de impulsos nerviosos y en el control de la contracción muscular. La eliminación de sodio vía cutánea y fecal es despreciable en condiciones de vida sedentaria, por lo que, en consecuencia, la excreción urinaria es eficaz en el sujeto sano. ⁽³¹⁾

El **Magnesio** interviene en la formación de huesos y dientes, como coenzima en el metabolismo de hidratos de carbono y constituyente de diversos líquidos intracelulares. ⁽⁵⁾

El magnesio tiene un papel estructural y regulador en el organismo. Es un ión activador de numerosos procesos enzimáticos y es esencial para el metabolismo de diversos minerales. Su deficiencia está relacionada con gran número de alteraciones cardiovasculares y disfunciones renales, gastrointestinales, neurológicas, musculares. ⁽³⁾

El **cobre** participa en la formación de tejido conectivo, desempeñando un papel en la formación de hueso, mineralización del esqueleto e integridad del tejido conectivo en el corazón y el sistema vascular.

Se proponen varios mecanismos para el desempeño del cobre en el metabolismo del hierro y la eritropoyesis, así mismo, desempeña mas de una función en el sistema nervioso central. Es necesario para la formación o mantenimiento de la mielina, una capa protectora que cubre las neuronas. Participa en la pigmentación de la piel, cabello y ojos, con la deficiencia de cobre se observa despigmentación del cabello y de la piel. La concentración sanguínea de colesterol aumenta en animales que se alimentan con dietas deficientes de cobre. ⁽²⁹⁾

2.5. FENOLOGÍA.

Es importante conocer la dinámica de crecimiento del fruto, con objeto de proporcionar las condiciones adecuadas y lograr un óptimo desarrollo y calidad de la guayaba. ⁽¹⁴⁾

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.⁽¹⁵⁾

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.⁽¹⁴⁾

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,⁽²⁷⁾ entre las cuales se destacan las siguientes:

Auxinas: La función o modo de acción de las auxinas, se sitúa principalmente a nivel de las membranas celulares, donde se modifican la permeabilidad de ésta, llevando consigo también una modificación del funcionamiento celular y activando su metabolismo, esto tiene efecto sobre la división y crecimiento celular, la atracción de nutrientes y de otras sustancias al sitio de aplicación.⁽²⁷⁾

Citoquininas: Se encuentran en forma natural y sintética. Son producidas en las zonas de crecimiento, como en la punta de las raíces, se transportan vía acropétala (de abajo hacia arriba) estimulando la división celular en tejidos. Actúan en interacción con las auxinas en el papel que ellas ejercen sobre la desdiferenciación y sobre la división celular. Así pues, es importante realizar un justo equilibrio auxinas/citoquininas. Este equilibrio existe naturalmente en los vegetales.⁽²⁷⁾

Giberelinas: Su principal función es incrementar a tasa de división celular (mitosis) estimulando la división y elongación celular, lo que influye en el incremento del crecimiento en los tallos, irrumpe en el periodo de latencia de las semillas, haciéndolas germinar y movilizandolas reservas en azúcares, inducen la brotación de yemas, estimulan la síntesis de ARN mensajero y promueven la floración y el desarrollo de los frutos. ⁽²⁷⁾

Etileno: El etileno es producido esencialmente por todas las partes vivas de las plantas superiores y su cantidad varía con el órgano y tejidos específicos y de acuerdo con el desarrollo y crecimiento de las mismas. El efecto del etileno sobre las plantas y partes de ésta varía ampliamente. Ha sido implicado en la maduración, senectud, floración, y otras respuestas. Las funciones principales del etileno son: promover la floración de los frutos, la senescencia (envejecimiento), caída de las hojas y geotropismo. ⁽²⁷⁾

Otro factor que determina la duración de las fases de crecimiento del fruto de la guayaba es el material genético existiendo germoplasma con diferente grado de precocidad a la cosecha. ⁽¹⁴⁾

Así mismo, la carencia de humedad disponible en el suelo también es importante, ya que un estrés de humedad durante el crecimiento y desarrollo del fruto puede afectar diferentes procesos, dependiendo de la etapa en que éste se encuentre ⁽¹⁴⁾ , bajo estas condiciones de estrés se induce en la planta la síntesis de **ácido abscísico** (ABA), una hormona que actúa como inhibidor natural de crecimiento celular y fotosíntesis, por lo que tiene efectos contrarios a los de las hormonas de crecimiento (auxinas, giberelinas y citoquininas). Este ácido ha sido propuesto como un regulador en respuestas fisiológicas diversas como el letargo, abscisión de hojas y frutos y estrés hídrico. Entre las funciones de este ácido se tienen: Promueve la latencia en yemas y semillas, inhibe la división celular, causa el cierre de los estomas, anula el efecto de las giberelinas, inhibe el crecimiento. ⁽²⁷⁾

2.6. PROCESO DE MADURACIÓN DEL FRUTO DE GUAYABA

2.6.1. Maduración: Es un proceso fisiológico complejo que induce en el fruto cambios físicos, químicos y bioquímicos hasta que este alcanza su madurez, donde se manifiestan modificaciones importantes en los principales atributos de calidad como: color, sabor, aroma, textura, y otros, además influyen en la sensibilidad al desarrollo microbiano.⁽¹²⁾

El proceso de crecimiento, desarrollo y maduración se encuentra regulado por un sistema hormonal especializado. En cada etapa intervienen diferentes hormonas.

2.6.2. Fenómeno climatérico: La guayaba es un fruto climatérico, es decir, su intensidad respiratoria presenta inicialmente una tendencia hacia un valor mínimo seguido de un ascenso pronunciado, de acuerdo a la variedad, hasta alcanzar un valor máximo climatérico que en general coincide con las modificaciones de color, textura y sabor característicos de la maduración. Después inicia la senescencia en el estado post-climatérico con descenso continuo de la respiración.⁽¹²⁾

La guayaba tarda de 100-150 días desde el inicio de la floración hasta alcanzar la maduración. El tiempo de maduración se prolonga en temporada de lluvias siendo más corto durante el invierno. La guayaba por tratarse de un fruto climatérico muestra un incremento típico en la respiración y producción de etileno durante su periodo de crecimiento. La máxima producción de etileno ocurre en el proceso intermedio de la maduración (generalmente al cuarto día de la cosecha) coincidiendo con el pico máximo de la respiración. Dependiendo del cultivar, la guayaba durante el proceso de maduración, experimenta un cambio de coloración en el pericarpio que va de verde a amarillo. El cambio de color a amarillo se atribuye a la pérdida de clorofila. Sin embargo, algunos cultivares permanecen verdes aún cuando alcanzaron la maduración.⁽¹⁵⁾

La guayaba es un fruto altamente perecedero. Suele cosecharse cuando el color verde del pericarpio comienza a declinar, utilizándose como un indicador del comienzo de maduración. Si el fruto es cosechado en estado verde no

desarrollará buen sabor durante el periodo poscosecha, pero si éste llega hasta su completo estado de maduración en el árbol desarrollará buen sabor, con el inconveniente de ser susceptible a daños causados por insectos o aves.

Los frutos que han alcanzado el estado de maduración máxima son tan suaves que es complicada su manipulación y transporte hacia el mercado. Para algunos cultivares, es posible cosechar el fruto pasados de 120-150 posteriores a la floración, y suelen cosecharse en estado verde-amarillo o con algunos tintes rosados. La guayaba es cosechada manualmente, y tiene un tiempo de vida post-cosecha de no más de 10 días a temperatura ambiente.⁽¹⁵⁾

2.6.3. Cambios fisicoquímicos en el fruto durante el estado de maduración:

a) Gravedad específica: Asciende su nivel más alto entre los 45 y 47 días después del amarre del fruto; declina después, aunque también puede declinar desde el principio.⁽²⁰⁾

b) Contenido de humedad: En cultivares con semilla, el contenido de humedad varía de 66% hasta 79% en los primeros 30 días; después, oscila entre 60% y 73% hasta el día 90, posteriormente se eleva rápidamente hasta cerca del 80% en el día 120.⁽²⁰⁾

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⁽²⁰⁾.

Principalmente los ácidos cítrico, málico, glicólico, tartárico y láctico contribuyen al grado de acidez de la guayaba.⁽¹⁵⁾

Existe una relación inversa entre el contenido de azúcares y los ácidos orgánicos, ya que mientras el contenido de azúcares aumenta, la acidez disminuye debido a que éstos ácidos son convertidos en azúcares.

Aunado al cambio de acidez en el fruto se encuentra el pH, el cual se incrementa mientras que la acidez disminuye durante la maduración.⁽³²⁾

d) Azúcares: Desde el crecimiento, se eleva el contenido de azúcares reductores y no reductores ⁽²⁰⁾ , variando de 4.81% a 7.32%, aproximadamente.⁽¹⁵⁾

De los azúcares presentes, la fructosa aumenta rápidamente pero la glucosa se acumula lentamente. ⁽¹⁵⁾ El fruto contiene cantidades, en orden decreciente, de fructuosa de 5.6% a 7.7%, glucosa de 1.9% a 18.1% y sucrosa de 6.2% a 7.8% ⁽²⁰⁾ ; además se puede apreciar que la fructuosa, la glucosa y la sucrosa se incrementan conforme se aproxima la madurez de la fruta.⁽²⁰⁾

e) Pectina: El contenido de pectina es mayor en las primeras etapas de desarrollo del fruto y va disminuyendo conforme avanza el estado de maduración, ésta disminución en el contenido de pectina conlleva al reblandecimiento del pericarpio.⁽³²⁾

La pectina, la hemicelulosa y la celulosa son modificadas durante el proceso de maduración, muestran un decremento en las hemicelulosas solubles en medio alcalino. ⁽¹⁵⁾

f) Sólidos solubles totales (SST) y polifenoles: Los SST presentan un incremento gradual desde los 90 hasta los 150 días de maduración. ⁽³²⁾ El nivel de SST oscila de 10.5% a 12.5%, mientras que el contenido de polifenoles decrece conforme se alcanza la madurez.

g) Firmeza: La firmeza de la guayaba decrece conforme incrementa el estado de maduración, siendo más firme en estado verde (1ª etapa de maduración), seguido del estado verde-amarillo o rayado (2ª etapa de maduración) y mostrándose con menor firmeza en estado maduro (3ª etapa de maduración).

El reblandecimiento del fruto en la 3ª etapa es un indicador de la disolución de los componentes que dan rigidez a la pared celular en la 1ª etapa de maduración.⁽³²⁾

h) Enzimas: La acción de la invertasa empieza a desarrollarse durante la maduración y alcanza su máximo nivel en la madurez completa. En guayaba la relación de sucrosa y azúcares reductores es inversamente proporcional a la actividad de la invertasa. La enzima presenta su máxima actividad en pH de 3.5 a 4.0.

La amilasa, otra enzima, empieza a incrementarse conforme el fruto madura y también alcanza su máximo valor cuando se ha completado la madurez. El incremento de la actividad de la enzima causa un rompimiento de los carbohidratos almacenados, que se convierten en sustancias azucaradas que sirven como fuente precursora para la síntesis de sacarosa en madurez completa. La enzima muestra su óptima actividad en un pH de 7.0.

La actividad de la polifenoloxidasas (PPO) se incrementa con la maduración. Dicha actividad no se remarca en los estados de inmadurez ni en la madurez fisiológica, pero sí se incrementa en madurez de consumo, y se asocia con el decremento del valor polifenólico de guayaba y, con ello, en la desaparición de la astringencia.⁽²⁰⁾

La actividad de las enzimas de reblandecimiento poligalacturonasa (PG), pectinesterasa (PE), β -galactosidasa y celulasa, aumenta con la maduración.⁽¹⁵⁾

2.7. ÍNDICES DE MADUREZ Y COSECHA

2.7.1. Índices de cosecha: Dado que la guayaba es cosechada en forma manual, el cosechador decide si el fruto ha alcanzado el grado de madurez adecuado para ser retirado de la planta madre. Esta madurez de cosecha en frutos pericarpiales influye en su calidad y vida de anaquel, pudiendo afectar además la forma en que serán manejados, transportados y comercializados.⁽¹⁴⁾

Algunas definiciones sobre el concepto de la madurez de los 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.

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.

La maduración de las frutas es el proceso por el cual adquieren las características que las hacen aptas para ser comestibles, y considera 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, sabor, textura, 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. b) Físicos: abscisión, firmeza, gravedad específica; c) Químicos: acidez, sólidos solubles, azúcares, contenido de almidón; d) Computación: número de días desde la floración u otra etapa fenológica, acumulación de unidades de calor, y e) Fisiológicos: tasa de respiración, contenido de etileno interno.

Las condiciones climáticas durante la etapa de maduración de la guayaba, ejercen una gran influencia en sus características físicas y químicas, así, se menciona que las bajas temperaturas durante las últimas etapas de desarrollo dan como resultado frutos con un mayor contenido de constituyentes químicos y mejor calidad. ⁽¹⁴⁾

2.7.2. Escala de colores de maduración: Aún cuando el color externo del fruto de guayaba puede ser utilizado como un índice de cosecha para separar diferentes etapas de maduración se requiere un equipo sofisticado que no es fácilmente disponible, por lo que se estableció la siguiente escala de colores de maduración de la guayaba, con objeto de realizar la separación por color y estandarizar este parámetro para facilitar comparaciones entre diferentes sitios, y no utilizar algunos términos como fruta “sazona” que puede ser interpretado en forma distinta y crear confusión. ⁽¹⁴⁾

La escala de colores de maduración de la guayaba incluye las siguientes cinco clasificaciones:

- a) 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.

- b) 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.
- c) 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.
- d) Amarillo con verde:** El color amarillo empieza a dominar y éste se observa en las del 50% de la superficie del fruto.
- e) Completamente amarillo:** El aspecto del fruto es de un amarillo brillante, la firmeza es menor que en todas las etapas anteriores. El fruto expresa las características típicas de la especie.

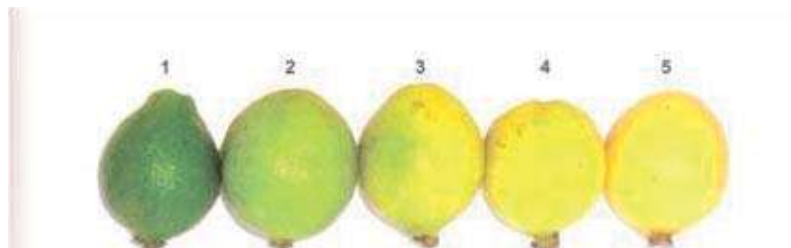


Figura 2.4.. Escala de colores de maduración de la guayaba ⁽²⁶⁾

Para fines de cosecha, si el fruto se va a trasladar a sitios lejanos, la guayaba se puede cosechar en el color 3 o 4, ya que en esta etapa del fruto es más resistente al manejo y transporte. Para mercados locales, los colores 4 y 5 son adecuados para un consumo inmediato de la fruta, aunque la madurez en el color 5, es relativamente avanzada, con lo cual su vida poscosecha será reducida.⁽¹⁴⁾

2.7.3. Clasificación por calidad del fruto

La calidad de la guayaba de acuerdo a la NMX-FF-040-2002 ⁽⁴⁷⁾ se considera de acuerdo a su textura, color, sabor, limpieza exterior y tamaño. La limpieza depende de la eliminación de plagas tales como el picudo, que deja huellas de pequeños círculos de color café, con apariencia de corcho, y la peca, que da una tonalidad café rojiza por la incidencia de manchas circulares pequeñas.

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

- a) **Extra.** Es la de mayor tamaño y limpieza, con diámetro de 5.4 centímetros o más, de textura firme; tiene un sobreprecio de veinte a veinticinco por ciento sobre la guayaba de primera.
- b) **Primera.** Tiene un diámetro de 4.3 a 5.3 centímetros, con textura firme, color y limpieza.
- c) **Segunda.** Fruta de 3 a 4.2 centímetros de diámetro.
- d) **Tercera.** Es la fruta de menor tamaño, floja de textura, con manchas por el "picudo" o las "pecas" o en avanzado periodo de maduración de la fruta; se vende con un descuento de hasta treinta por ciento con relación al precio de la guayaba de primera.⁽⁶⁾

2.8. CONSERVACIÓN DE RECURSOS FITOGENÉTICOS

En México, el aprovechamiento de la variabilidad para el mejoramiento genético del guayabo se ha realizado en forma poco consistente, ya que no existen aún variedades caracterizadas y registradas. La posibilidad de ofrecer una gama de variedades de guayabo a los productores de este cultivo, permitiría la diversificación de los mercados e incluso por regiones de preferencia.⁽²⁴⁾

Los recursos fitogenéticos, especialmente aquellos para la alimentación y la agricultura, son la base primordial para la seguridad alimenticia del mundo y desde luego de México. Dichos recursos están constituidos por la diversidad del material genético y tienen un valor actual o potencial. La existencia del género humano está estrechamente relacionada con estos recursos, no solo desde el punto de vista de su supervivencia, sino de su desarrollo cultural, económico y social. .⁽²⁴⁾

Los recursos fitogenéticos son definidos como recursos naturales, limitados y perecederos, su conservación y utilización sustentable es vital para garantizar la seguridad alimentaria sin comprometer el bienestar de las generaciones presentes y futuras, contribuyendo a la mejora de la productividad agrícola mediante el mejoramiento genético. .⁽²⁴⁾

Las estrategias de conservación de los recursos fitogenéticos se clasifican en dos categorías: *in situ* y *ex situ*. La primera, implica la conservación de las especies en su hábitat natural en donde desarrollaron sus características específicas. La conservación *ex situ*, considera la conservación de las especies fuera de su entorno natural, y aunque habitualmente este método de conservación se aplica a los bancos de germoplasma de semillas, también incluye las opciones de jardines botánicos y colecciones de plantas en campo. La colección de plantas en campo se entiende como un conjunto de plantas de la misma especie seleccionadas y representativas de la mayor diversidad genética existente. .⁽²⁴⁾

En el caso de los recursos genéticos de *P. guajava*, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias a través del área experimental “Los Cañones” ubicado en el municipio de Huanusco, Zacatecas, siguió una estrategia de conservación “*ex situ*”, mediante la colecta de germoplasma en diversas áreas de México, con el propósito de estudiar su variabilidad, caracterización del material colectado e incrementar la base genética de esta especie. .⁽²⁴⁾

Una etapa del proceso de conservación y aprovechamiento de los recursos fitogenéticos, una vez que se tiene una colección de plantas que representen gran parte de la diversidad genética de la especie, es la caracterización de dichos individuos. .⁽²⁴⁾

En el caso del guayabo, la obtención y evaluación de nuevas variedades, mediante la colecta, conservación y caracterización de nuevo germoplasma, permitiría la disponibilidad y aprovechamiento del material por parte de los productores, contribuyendo a mejorar su productividad.⁽²⁴⁾

2.9. DIVERSIDAD GENÉTICA:

Durante el proceso de domesticación de las especies cultivadas el hombre ha ejercido una fuerte presión de selección que ha permitido la preservación de muchas variantes las cuales, posiblemente, hubieran desaparecido en condiciones naturales. De la misma manera, el hombre también indujo la producción de nuevas variantes, tanto para facilitar el manejo agronómico como para incrementar la producción.⁽³³⁾

La diversidad de los recursos fitogenéticos es fundamental para hacer frente a condiciones cambiantes, así una reducida base genética en los cultivos las hace más vulnerables a la aparición de nuevas plagas y enfermedades, la introducción de microorganismos exóticos o cambios ambientales. Es por ello que es importante conservar una amplia base genética, con la cual se pueda reducir el grado de vulnerabilidad de los recursos genéticos. En este sentido, la caracterización y evaluación de las colecciones de germoplasma proporcionan información del tipo de material genético conservado su variabilidad, facilitando el aprovechamiento de los caracteres que representen algún beneficio. .⁽²⁴⁾

Desde el punto de vista de su expresión, la variabilidad contenida en el genoma de una especie puede ser agrupada en dos grandes clases: (1) la que se expresa en características visibles y que conforman el fenotipo, y (2) la que no se expresa en características visibles y que en general se refiere a los procesos o productos internos de la planta.

En relación con el fenotipo, los caracteres que lo conforman corresponden en su gran mayoría a la descripción morfológica de la planta y su arquitectura. Estos caracteres se denominan descriptores morfológicos y se pueden agrupar en los tipos que aparecen a continuación ⁽³³⁾.

- a) **Botánicos-taxonómicos:** Corresponden a los caracteres morfológicos que describen e identifican la especie y son comunes a todos los individuos de esa especie. En su gran mayoría estos caracteres tienen una alta heredabilidad y presentan poca variabilidad ⁽³³⁾.
- b) **Morfoagronómicos:** Corresponden a los caracteres morfológicos que son relevantes en la utilización de las especies cultivadas. Pueden ser de tipo cualitativo o cuantitativo, e incluyen algunos de los caracteres botánicos-taxonómicos más otros que no necesariamente identifican la especie, pero que son importantes desde el punto de vista de necesidades agronómicas, de mejoramiento genético, y de mercadeo y consumo ⁽³³⁾.
- c) **Evaluativos:** Esta porción de la variabilidad sólo se expresa como respuesta a estímulos ambientales bióticos (plagas y enfermedades) o abióticos (estrés por temperatura, agua, nutrientes). En general, la respuesta se expresa en características de tipo cualitativo. ⁽³³⁾

Con el fin de establecer más claramente la utilización conceptual de los términos: diversidad y variabilidad genética se sugiere que la **diversidad** sea utilizada para indicar la suma de la información genética potencial conocida o desconocida, mientras que la **variabilidad** se utilice para indicar una porción de la diversidad colectada o disponible. Por lo anterior, el término **variabilidad genética** es más apropiado para el estudio de colecciones de germoplasma. ⁽²⁴⁾

La diversidad genética del guayabo en las poblaciones silvestres o criollas se atribuye principalmente a que esta especie se propaga fácilmente por semilla y que éstas pueden ser diseminadas por el hombre, aves y animales. Las variaciones en vigor, tamaño de planta, características del fruto (forma, tamaño,

color de pulpa, número de semillas, sólidos solubles totales, etc.) en las plantas derivadas de las semillas se deben a la polinización cruzada que ocurre en forma natural y que puede ser desde 25 hasta 41%.⁽²⁴⁾

En nuestro país han sido pocos los esfuerzos tendientes al aprovechamiento de la diversidad genética, mediante la selección, caracterización, evaluación y utilización del germoplasma, por lo que actualmente no se dispone de variedades con otras ventajas comparativas, solo se dispone de material genéticamente conocido como “media china” y “china”.⁽²⁴⁾

A nivel comercial existe una amplia diversidad fenotípica y genética entre y dentro de las huertas, reflejada en una gama de formas y calidad del fruto, así como en su nivel productivo.⁽²⁴⁾

En relación a la variación genética y morfológica presente en las huertas de guayabo, se atribuye a que el material genético utilizado en el establecimiento de la huerta, fue originado de semilla, o bien de “hijuelos de raíz”, dando lugar a una gran variabilidad, lo cual repercute en baja productividad y poca uniformidad en la calidad de los frutos. Por lo anterior se considera que el potencial que se obtendría con la caracterización y aprovechamiento de germoplasma de guayabo es muy amplio, dado que actualmente no se dispone de cultivares con características específicas (color de pulpa, forma y tamaño del fruto, número de semillas, contenido de vitamina C, etc.) para su explotación comercial. La posibilidad de ofrecer una gama de variedades de guayabo a los productores de este cultivo, permitiría una diversificación de los mercados e incluso por regiones de preferencia.

Los trabajos de mejoramiento genético de guayabo en otros países del mundo han permitido el aprovechamiento de germoplasma de alto potencial de rendimiento o bien para otros fines específicos. La lista de cultivares de guayabo obtenidos en varios países del mundo rebasa los 50.⁽²⁴⁾

La guayaba en México, tiene un mercado interno prácticamente cautivo, ante la inexistencia de oferta del producto del exterior y una larga tradición regional de

consumo del producto. La demanda nacional es muy estable y poco exigente en términos de calidades y variedades del producto, aunque sí muestra una conducta racional ante el incremento en los precios. ⁽²⁴⁾

En la comercialización directa al consumidor, éste no dispone de información respecto a la calidad del producto que está demandando frente a posibles alternativas. El consumidor discrimina con base en el precio, tamaño y apariencia. No existen marcas que permitan diferenciar el producto.

Tampoco se hace difusión alguna de sus propiedades y ventajas nutricionales. La población consume fruta por hábitos relacionados con la cultura y la tradición nacional. ⁽²⁴⁾

2.9.1. Híbrido

Por definición, un híbrido (vegetal) es el vegetal proveniente de la fecundación de un vegetal de una especie cualquiera por otro vegetal perteneciente a otra especie. ⁽²¹⁾

2.9.2. Origen de los Híbridos de Guayaba (*Psidium guajava* L.)

Los híbridos de guayaba (*Cuadro No.2.4*) se generaron mediante cruzamiento inducido entre un grupo de selecciones sobresalientes pertenecientes al Banco de Germoplasma de Guayaba del INIFAP ubicado en el Campo Experimental “Los Cañones” en el municipio de Huanusco, Zacatecas.

Cuadro No. 2.4. Relación de híbridos generados

Progenitor Femenino	Progenitor Masculino	Hibrido Obtenido
S-10	S-51	H 10 X 51
S-10	S-56	H 10 X 56
S-51	S-12	H 51 X 12
S-54	S-57	H 54 X 57
S-56	S-46	H 56 X 46

Los cruzamientos se realizaron durante la primera semana de Mayo de 2006, procediendo a “emascular” el botón floral previo a la apertura normal de la flor.

Posteriormente se cubrió el pistilo para evitar contaminación de otras flores. Al día siguiente de la emasculación, se buscaron flores recién abiertas de los progenitores masculinos y en el momento de la liberación de polen, se cortaron para sacudirlas ligeramente sobre el pistilo de la flor emasculada el día anterior. De esta manera se polinizaron aproximadamente entre 8 y 10 flores en los progenitores femeninos. Inmediatamente después de la polinización se volvieron a cubrir estas flores por un período de 5 a 6 días, hasta observar que el fruto ya había “amarrado” y no existiera riesgo de contaminación de polen extraño. Los frutos fueron etiquetados y monitoreados hasta su cosecha a partir del mes de Septiembre de 2006.

Las semillas de los frutos cosechados de estos cruzamientos, se sembraron en 2007 en macetas de donde se obtuvieron las plantas que fueron establecidas en campo en 2008, iniciando su fase productiva en el ciclo 2009.

El propósito principal de dicha cruza fue obtener segregantes que mantuvieran el carácter de pulpa rosa de las selecciones S-51, S-54 y S-56, pero con la precocidad y mayor potencial de rendimiento de las selecciones S-10, S-12 y S-46, que son de pulpa crema. Aún cuando, algunas plantas de esta cruza, no presentaron el color rosa de la pulpa, si se observó mayor precocidad a cosecha durante el ciclo 2009.

Algunas otras características contrastantes del fruto de las selecciones de pulpa rosa son: el fruto de S-51 y S-56 es redondo, mientras que en S-54 es ligeramente aplanado, las tres selecciones tienen en promedio entre 10 -11% de sólidos solubles totales (°Brix) y presenta frutos grandes (> 100g). Los frutos de las selecciones de pulpa crema son ovoides, más pequeños (50-60 g) y de 12-14% de sólidos solubles totales. Además como se indica anteriormente, los materiales de pulpa rosa son en general de menor potencial de rendimiento y más tardíos en el periodo a inicio de cosecha, comparado a los materiales de pulpa crema que son más productivos y con un período a inicio de cosecha más precoz.

2.10. MÉTODOS DE PROPAGACIÓN

2.10.1 Propagación sexual

La propagación sexual o uso de semilla como medio para incrementar la población de una especie o cultivar, además de ser una forma de propagación natural, en general, es el método comúnmente más usado por genetistas en el mejoramiento de cultivares y viveristas en la comercialización de plantas de interés económico.⁽²⁵⁾

En algunos países es precisamente la propagación por semilla el principal método para obtener las plantas de guayabo que son utilizadas para el establecimiento de huertos comerciales.

Los árboles obtenidos por éste método aún y cuando son muy vigorosos, tardan más tiempo para entrar en producción, debido a su largo periodo de juvenilidad, además de que los huertos establecidos con este tipo de planta presenta una alta variabilidad genética, manifestándose en las huertas diferentes portes de árboles y tipos de frutos en tamaño, forma y color, entre otras características.⁽²⁵⁾

En la reproducción de plantas mediante el uso de semillas para el establecimiento de huertos comerciales de guayabo en México, se sugiere utilizarla únicamente en la propagación de material que será utilizado como patrón o portainjerto.⁽²⁵⁾

Para tener éxito en la propagación sexual, es esencial el conocimiento de las técnicas para asegurar una germinación rápida y uniforme. Una de las técnicas probadas con éxito en la producción de plántulas de guayaba a partir de semilla, consiste en seleccionar frutos completamente maduros, los cuales se parten y la pulpa con semilla se frota contra una mosquitera metálica para que pase la pulpa por los orificios, mas no la semilla. Este proceso requiere de constante lavado. Las semillas obtenidas se ponen a secar a la sombra. Se considera además que la semilla no debe ser tratada con métodos físicos o

químicos, ya que ésta tiene un buen porcentaje de germinación en condiciones naturales.⁽¹⁴⁾

2.10.2. Propagación asexual

2.10.2.1 Propagación por estacas

Se define la estaca como una porción de planta susceptible de adquirir autonomía fisiológica. Instalada en un sustrato favorable, rodeada de convenientes condiciones ambientales y protegida de la desecación, en la superficie de corte se formará un tejido cicatricial originado en la zona generatriz. De este tejido cicatricial y a la altura de los nudos, surgirán raíces adventicias. Los brotes originados en las yemas se alimentarán de reservas almacenadas en los tejidos, mientras las nuevas raíces les faciliten nutrientes tomados del suelo.

Como en toda propagación vegetativa, las plantas obtenidas desde estacas reproducen fielmente las características varietales. Además son importantes la precocidad vegetativa y la precocidad productiva en las nuevas plantas.⁽³⁴⁾

Para la propagación por estacas se han utilizado con éxito estacas verdes de 20cm de longitud, con 6-8 hojas. La aplicación de auxinas aumenta notoriamente el porcentaje de enraizamiento (cerca de 95%). Los hijuelos de raíz se obtienen cortando las raíces a 1m del tronco; estas producen hijuelos que pueden luego trasplantarse a bolsas. ⁽⁹⁾ (*Fig.No. 2.5*)

La propagación por estacas ofrece las siguientes ventajas:

- a)** Permite obtener numerosas plantas en poco espacio
- b)** Es un método económico, rápido y simple
- c)** No presenta problemas de incompatibilidad

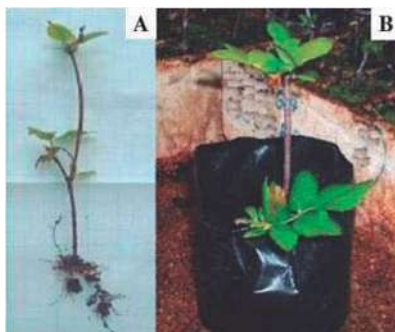


Figura No. 2.5. Propagación por estacas .⁽⁴⁴⁾

2.10.2.2 Acodo aéreo

Por este método se trata de facilitar la generación de raíces en las ramas del árbol.

Para ello se seleccionan ramas con un grosor de 3 a 5 cm de diámetro y 80 cm de longitud. Sin retirar la rama del árbol, y con una navaja se hace un corte en forma de anillo que llegando hasta la madera de la rama, tenga aun ancho de 1cm.

Se cubre la incisión con paja o musgo húmedo y se coloca un pedazo de plástico transparente, el cual se amarra en los extremos. Si se realiza el acodo en época de verano, se hacen agujeros pequeños en el plástico para aplicar riego. (Fig. No. 2.6)

Pasado un mes, se realizan dos cortes, uno por debajo del plástico y otro en la punta de la rama. Al retirar el plástico se observan las raíces generadas; en forma inmediata se procede a sembrar la rama o acodo en el sitio definitivo. ⁽¹⁾



Figura No. 2.6. Propagación por acodo aéreo. ⁽⁴²⁾

2.10.2.3 Injerto

El término injerto, es definido como la técnica o destreza para unir dos partes de diferentes plantas (*Fig.No. 2.7*), de tal forma que continúen su crecimiento como una sola planta; de esta manera, se implanta una variedad adecuada a las exigencias del mercado, sobre otro individuo (portainjerto) que tenga características de tolerancia a factores adversos.⁽¹⁴⁾

a) Época de injertación. La época más oportuna para llevar a cabo al injertación en el cultivo del guayabo, se considera que es cuando baja el flujo de savia, lo anterior sucede cuando el árbol está en floración y hasta dos semanas posteriores a ésta, por lo cual la época en días julianos dependerá de la región y de las condiciones de humedad bajo las que se encuentre el cultivo y/o vivero .⁽¹⁴⁾

b) Condiciones requeridas para injertar con éxito el guayabo.

Primeramente, se debe procurar que los árboles hayan alcanzado un diámetro de tallo superior al diámetro de un lápiz.

Regar los árboles 3 o 4 días antes de injertarlos.

Realizar los injertos antes del medio día y/o por la tarde, después de las horas mas calurosas.

Evitar realizar los injertos en días con vientos fuertes y polvaredas.⁽¹⁴⁾



Figura No. 2.7. Propagación por injerto ⁽⁴³⁾

III. HIPÓTESIS

Mediante la evaluación y caracterización fisicoquímica de diversas variedades de guayaba es posible predecir la velocidad de maduración de cada una de ellas a través de métodos estadísticos.

IV. OBJETIVO GENERAL

Determinar características fisicoquímicas de variedades de guayaba, evaluando a través de estos parámetros y con la aplicación de métodos estadísticos su velocidad de maduración.

4.1 Objetivos específicos

- Determinar características fisicoquímicas de las variedades en estudio como peso, diámetro, porcentaje de semillas, contenido de sólidos solubles totales, porcentaje de ácido cítrico, pH, textura.
- Aplicar métodos estadísticos para clasificar las variedades con características semejantes.
- Determinar velocidad de maduración del fruto aplicando un método estadístico a los resultados obtenidos.
- Sugerir el destino de variedades sobresalientes en los diferentes sectores de comercialización de la guayaba.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales y equipo:

Para la realización del presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales:

- Balanza analítica marca SARTORIUS peso máx. 200 gramos
- Balanza granataria OHAUS peso máx. 2610 gramos
- Cámara frigorífica marca MABE (Modelo RM87WB01)
- Vernier
- Analizador de textura (Texture Analyser modelo TA-XT2t)
- Refractómetro portátil marca ATAGO (Rango 0-50° Brix)
- Extractor marca Turmix (Modelo 120306)
- Potenciómetro manual marca CONDUCTRONIC (Modelo PC18)

5.1.1. Reactivos

- Hidróxido de sodio, perlas. Reactivo J.T.Baker.
- Ácido clorhídrico, 1N. Reactivo J.T.Baker
- Fenolftaleína
- Etanol
- Solución buffer pH 4. Reactivo J.T.Baker.
- Solución buffer pH 7. Reactivo J.T.Baker.
- Agua destilada

5.2. Metodología

Diagrama 5.1. **Procedimiento general.**

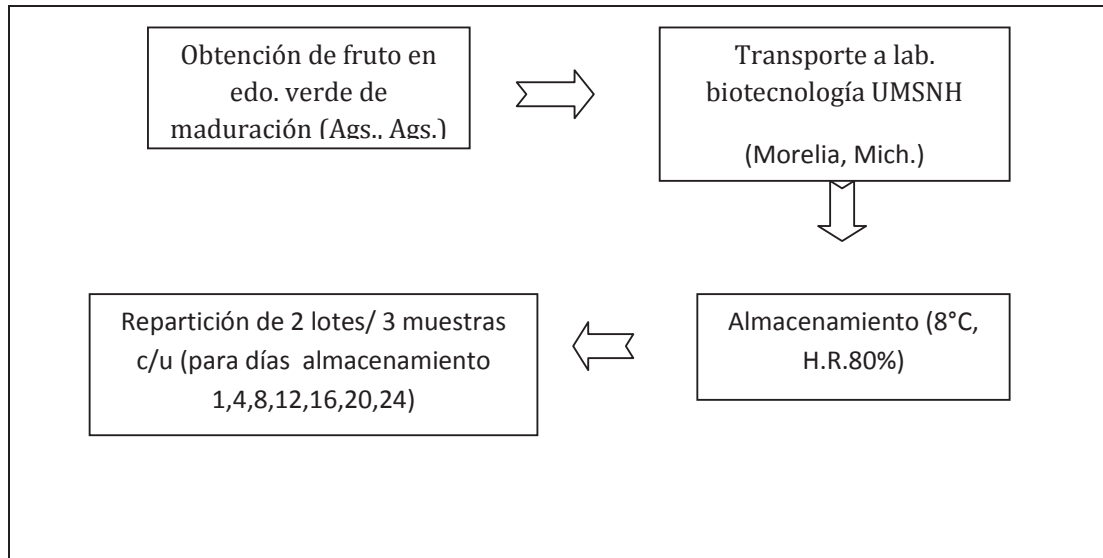
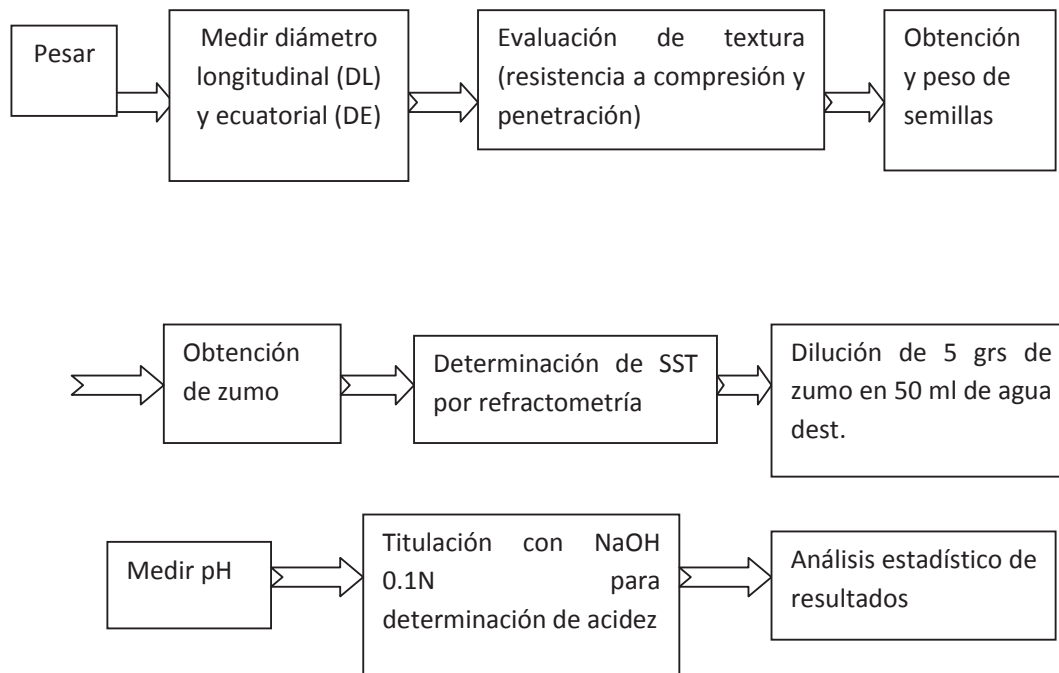


Diagrama 5.2. **Seguimiento por lote para los diferentes días de almacenamiento.**



5.2.1. Obtención de germoplasma

El fruto de guayaba fue obtenido del campo experimental “Pabellón”, unidad dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en la región de Xalpa, Aguascalientes. Se colectaron un total de 25 diferentes variedades de guayaba (*Cuadro No.5.1*) en estado verde de maduración.

Cuadro 5.1. Relación clave-procedencia de variedades de germoplasma.

LINEA	ÁRBOL	PROCEDENCIA/CLAVE
1	1	Segregante Tailandés
3	3	C-58 BJ-Mich.
3	10	C-120 R-Nay.
4	8	Segregante Tailandés
4	12	C-64 Zit-Mich
4	14	C-101 SnSeb-Jal.
4	21	Hua-Zac.
5	1	Apo-Zac.
5	7	C-105 Guaje-Zac.
7	1	Fuentes-Jal-Zac.
8	2	Villahermosa-Tab.
8	4	Villahermosa-Tab.
8	12	Santiago-Nay.
8	13	Guaje-Hua-Zac.
9	13	Penjamo, Gto.
10	1	Segregante India
10	7	Segregante India
10	14	Segregante India
10	22	SnJNuevo-Mich
11	17	C-146 Tec-Col.
12	2	Hib-56 x 46
12	3	Hib-56 x 46
12	6	Hib-51 x 12
12	19	Hib-10 x 56
12	20	Hib-10 x 51

La colecta se realizó en temporada de invierno, transportándose a Morelia el mismo día de corte, el trabajo experimental se desarrolló en el Laboratorio de Biotecnología “M.C. Víctor Manuel Rodríguez Alcocer” de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Los híbridos, Hib-56x46, Hib-51x12, Hib-10x56 e Hib-10x51 fueron generados mediante cruzamiento inducido entre selecciones sobresalientes en Mayo de 2006.

5.2.2. Almacenamiento

El fruto fue almacenado en una cámara frigorífica, colocándolo en canastillas de plástico a una temperatura de 8°C y una humedad relativa del 80% con tiempos de almacenamiento de 1,4,8,12,16,20 y 24 días (en función de la cantidad de muestra por variedad).

Para los diferentes estados de maduración (verde, rayado y amarillo) alcanzados durante el periodo de almacenamiento se repartieron 2 lotes de 3 muestras cada uno para las diferentes determinaciones.

Posterior a la obtención y almacenamiento del fruto, los métodos empleados se dividieron para analizarse a través de pruebas destructivas y no destructivas, descritas a continuación.

5.3. Pruebas no destructivas:

5.3.1. Peso

De cada lote, se pesó el fruto por unidad en balanza analítica o granataria (para frutos de >200 gramos), expresando el peso en gramos.

5.3.2. Diámetro

Se determinó el diámetro longitudinal (DL) (o diámetro polar) con la ayuda de un Vernier, el fruto se midió longitudinalmente de la base del pedúnculo al ápice.

El diámetro ecuatorial (DE) de la guayaba también se realizó con un Vernier, midiéndola perpendicularmente al diámetro polar en su sección mayor. Las medidas fueron registradas en centímetros.

5.4 Pruebas destructivas

5.4.1. Firmeza

Esta determinación se llevó a cabo con el analizador de textura “*Texture Analyser*”, clasificándose para su estudio en dos ensayos denominados resistencia a la compresión y resistencia a la penetración, realizados de la siguiente manera:

5.4.1.1. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión se realizó colocando el fruto en el texturómetro haciendo incidir en él un plato de compresión de acero inoxidable de 75 mm de diámetro, a una distancia de compresión de 5 mm y una velocidad de desplazamiento de 1 mm/s. El valor obtenido fue expresado en gramos fuerza.

5.4.1.2. Resistencia a la penetración

La resistencia a la penetración se realizó de la misma manera que la de compresión, sustituyendo al plato de compresión de 75 mm por una punta cilíndrica plana de acero inoxidable de 3 mm de diámetro. El valor obtenido fue expresado en gramos fuerza.

5.4.2. Porcentaje de semillas

Se cortó el fruto ecuatorialmente en dos porciones, obteniendo las semillas con la mínima porción de pulpa posible; se pesaron las semillas en una balanza analítica y en base al peso obtenido se hizo una diferencia entre el peso total del fruto y el peso de las semillas, expresando el resultado en porcentaje.

5.4.3. Sólidos solubles totales (SST) ⁽²³⁾

Debido a que los azúcares son los componentes mayoritarios en el zumo de la guayaba, el análisis de SST puede utilizarse como un estimador del contenido de azúcares en la muestra.⁽³⁰⁾

La cantidad de SST se expresó como °Brix, se determinó con un refractómetro manual, el cual mide el contenido de sólidos solubles a través del índice de refracción.

El fruto fue cortado en trozos y triturado en un extractor, del zumo obtenido se tomaron dos gotas y se colocaron sobre el lente del refractómetro, previa calibración del equipo con agua destilada, se cubrió con la tapa distribuyéndose uniformemente la muestra sobre la superficie. La lectura se realizó orientando el aparato hacia una fuente de luz, observándose a través del campo visual los °Brix de la muestra.

5.4.4. Porcentaje de ácido cítrico (porcentaje de acidez)

La mayoría de las frutas son particularmente ricas en ácidos orgánicos que están usualmente disueltos en la vacuola de la célula, ya sea en forma libre o combinada como sales, ésteres, glucósidos, etc. La acidez libre (acidez titulable) representa a los ácidos orgánicos presentes que se encuentran libres y se mide neutralizando los jugos o extractos de frutas con una base fuerte, para este caso el Na(OH) 0.1N. ⁽²²⁾

Bajo estas condiciones, los ácidos orgánicos libres y sólo una parte del ácido fosfórico y fenoles están involucrados en el resultado final. ⁽²⁾

Considerando lo anterior, se tomaron alícuotas de 5 gramos de zumo por muestra, con un margen de error del ± 0.0015 grs., colocándose en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, se diluyó con agua destilada a un volumen de 50 ml, se agitó hasta obtener una mezcla homogénea y se tituló con una solución de NaOH al 0.1N previamente valorada con ácido clorhídrico 0.1N, utilizando como indicador fenolftaleína al 1% en etanol. ⁽²²⁾

La acidez se reportó como porcentaje de ácido cítrico, mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Ácido cítrico} = [V * N(\text{NaOH}) * \text{Meq. Ácido cítrico} / Pm] (100)$$

Donde:

V= volumen empleado de NaOH en ml

N= normalidad de NaOH

Meq. de ácido cítrico= 0.07003

Pm.= peso de la muestra en gramos

5.4.5. pH (acidez iónica)

Para la determinación de pH se utilizó un potenciómetro manual, cuya calibración se realizó enjuagando el electrodo con agua destilada y secándolo cuidadosamente, se introdujo en solución buffer de pH 4 y pH 7, posteriormente se realizó la lectura en las alícuotas preparadas para la determinación de ácido cítrico (antes de realizar dicho análisis) determinando el pH de las muestras. ⁽²⁸⁾

5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

1ª parte

5.5.1. Análisis estadístico de datos experimentales.

Con la finalidad de eliminar parámetros redundantes se aplicó un *Análisis de correlación múltiple* a todos los parámetros evaluados, utilizando el paquete estadístico JMP versión 6.0.

Posteriormente, utilizando el mismo software se llevó a cabo un *análisis de componentes principales* el cual ubica en un plano con ejes en x, y, y z las variedades con semejanzas paramétricas.

Se aplicó una prueba de Tukey-Kramer a las variedades que se ubicaron en los extremos del plano, considerándose las más sobresalientes.

Una vez depurada y agrupada la información se llevó a cabo un análisis estadístico que describe la velocidad de cambio de algunos parámetros considerados en función del tiempo la cual se describe en la II parte del análisis.

2ª parte

5.5.2. Estimación de la velocidad de maduración.

El análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos consiste en la estimación de la velocidad promedio de cambio del parámetro químico ξ , el cual caracteriza la maduración del fruto (°brix, % de ácido cítrico, pH). Cada parámetro $\xi(t)$ es dependiente del tiempo. La dinámica del conjunto de tales parámetros físico-químicos, es decir, su dependencia del tiempo, provee la información completa acerca del proceso de maduración de la fruta.

La dependencia del tiempo del parámetro ξ durante un periodo de tiempo no prolongado puede ser aproximada por la siguiente función lineal:

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

donde α es la velocidad promedio de cambio del parámetro ξ (velocidad de maduración) y β es el valor inicial del parámetro ξ , es decir, $\beta = \xi(0)$. El propósito del análisis estadístico por desarrollarse es estimar estos parámetros desconocidos y sus respectivos errores estadísticos, dados los resultados del experimento. A su vez, esto permitirá la clasificación de las variedades de frutas de acuerdo a sus velocidades de maduración y su estado inicial (la concentración inicial del ácido cítrico, propiedades de compresión y penetración), es decir, el conjunto inicial de los parámetros físico-químicos.

No obstante, cada fruta de una variedad dada, no se caracteriza por un valor específico del parámetro α ó β . Los parámetros α y β son variables aleatorias que cambian de fruta a fruta para la misma variedad. Como resultado, la maduración es un proceso estocástico. Entonces, se pueden estimar los valores más probables de estos parámetros y su respectiva distribución alrededor de estos valores más probables.

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)⁽¹³⁾. En este método se infiere que existe una función de distribución $\varphi(\alpha, \beta)$ de las variables aleatorias α y β para un parámetro dado ξ de una variedad dada. Puesto que los parámetros α y β son variables aleatorias, entonces, parámetro ξ es también variable aleatoria y la ecuación (1) representa un proceso estocástico. La función de distribución $f(x, t)$ (densidad de probabilidad) de la variable ξ puede ser obtenida en virtud de (1) como sigue a continuación ⁽³⁵⁾:

$$f(x, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(\alpha, x - \alpha t) d\alpha. \quad (2)$$

Para obtener la función de distribución (2) se deben hacer unas suposiciones acerca de la forma de la función de distribución $\varphi(\alpha, \beta)$. Es natural considerar los parámetros α y β como estadísticamente independientes variables y distribuidas según la distribución normal con la función de distribución de la forma:

$$\varphi(\alpha, \beta) = \frac{1}{2\pi AB} \exp \left\{ -\frac{(\alpha - a)^2}{2A^2} - \frac{(\beta - b)^2}{2B^2} \right\}, \quad (3)$$

donde a , b , A y B son las esperanzas estadísticas y desviaciones estándares (DE) de las variables α y β respectivamente. Entones, sustituyendo (3) en (2), obtenemos:

$$f(x, t | a, b, A, B) = \frac{1}{\sqrt{2\pi(A^2 t^2 + B^2)}} \exp \left(-\frac{(x - at - b)^2}{2(A^2 t^2 + B^2)} \right), \quad (4)$$

donde la notación $f(x,t|a,b,A,B)$ significa la función de distribución condicional dados los parámetros a , b , A y B . Sin embargo, estos parámetros son desconocidos.

$\xi(t)$ es un proceso estocástico de Markov generalizado. Podemos probar que la función de distribución (4) satisface la ecuación de Focker-Planck:

$$\frac{\partial f(x,t)}{\partial t} + u(x,t) \frac{\partial f(x,t)}{\partial x} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} (D(x,t) f(x,t)) = 0,$$

donde $u(x,t) \equiv a$ y $D(x,t) \equiv A^2 t$, con la condición inicial

$$f(x,0) = \frac{1}{B\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-b)^2}{2B^2}\right). \quad (5)$$

El método por desarrollar consiste en la estimación de los parámetros a , b , A y B . Los parámetros a , b son los valores más probables de las variables aleatorias α y β . Esta es la razón por la cual el método se llama “the maximum likelihood method”.

MAXIMUM LIKELIHOOD

Supongamos que el parámetro ξ es medido en diferentes momentos de tiempo $t_1, t_2, \dots, t_m$, y $\{x_1^{(s)}, x_2^{(s)}, \dots, x_{n_s}^{(s)}\} \equiv \{x_k^{(s)}\}_{n_s}$ es el conjunto de los resultados de medición del parámetro $\xi(t_s)$ obtenidos en el momento de tiempo t_s . n_s es el número de mediciones realizadas en este momento de tiempo. (El número de experimentos puede ser diferente en diferentes momentos de tiempo.)

Entonces, suponiendo que cada resultado de experimento es independiente de los demás, podemos considerar la función de distribución de que los experimentos han dado los siguientes resultados:

$$\xi(t_1) = x_1^{(1)}, x_2^{(1)}, \dots, x_{n_1}^{(1)} \text{ en el momento } t_1,$$

$$\xi(t_2) = x_1^{(2)}, x_2^{(2)}, \dots, x_{n_2}^{(2)} \text{ en el momento } t_2,$$

.....

$$\xi(t_m) = x_1^{(m)}, x_2^{(m)}, \dots, x_{n_m}^{(m)} \text{ en el momento } t_m,$$

como producto de las distribuciones (4):

$$f\left(\{x_j^{(1)}\}_{n_1}, t_1; \dots; \{x_j^{(m)}\}_{n_m}, t_m \mid \mathbf{z}\right) = \prod_{s=1}^m \prod_{k=1}^{n_s} f\left(x_k^{(s)}, t_s \mid \mathbf{z}\right), \quad (6)$$

donde hemos denotado: $z_1 = a$, $z_2 = b$, $z_3 = A$, $z_4 = B$ y $\mathbf{z} = (z_1, z_2, z_3, z_4)$. Ahora, sea $\psi(\mathbf{z})$ la llamada así la función de distribución “a priori” (dada antes del experimento) de las variables z_1 , z_2 , z_3 y z_4 . Entonces, de acuerdo con el teorema de Bayes, la función de distribución “a posteriori” (después de una serie de experimentos) es:

$$\psi\left(\mathbf{z} \mid \{x_j^{(1)}\}_{n_1}, t_1; \dots; \{x_j^{(m)}\}_{n_m}, t_m\right) = \frac{f\left(\{x_j^{(1)}\}_{n_1}, t_1; \dots; \{x_j^{(m)}\}_{n_m}, t_m \mid \mathbf{z}\right) \psi(\mathbf{z})}{\int_{\mathbb{R}^4} f\left(\{x_j^{(1)}\}_{n_1}, t_1; \dots; \{x_j^{(m)}\}_{n_m}, t_m \mid \mathbf{z}\right) \psi(\mathbf{z}) d^4 \mathbf{z}}. \quad (7)$$

Esta función de distribución “a posteriori” puede ser obtenida asintóticamente

⁽¹³⁾. Representemos la función $f\left(\{x_j^{(1)}\}_{n_1}, t_1; \dots; \{x_j^{(m)}\}_{n_m}, t_m \mid \mathbf{z}\right)$ como:

$$f\left(\{x_j^{(1)}\}_{n_1}, t_1; \dots; \{x_j^{(m)}\}_{n_m}, t_m \mid \mathbf{z}\right) = C e^{-\Phi(\mathbf{z})}, \quad (8)$$

donde la constante C no depende de la variable vectorial 4-dimensional $\mathbf{z}$. Entonces, para una amplia clase de las funciones de distribución “a priori” (normalmente, como la condición suficiente se considera que la primera derivada de esta función es acotada), la forma de la función de distribución “a posteriori” se da por los teoremas estadísticos clásicos ⁽³⁵⁾ en la forma siguiente:

$$\begin{aligned} \psi\left(\mathbf{z} \mid \{x_j^{(1)}\}_{n_1}, t_1; \dots; \{x_j^{(m)}\}_{n_m}, t_m\right) &= \frac{1}{(2\pi)^2 \sqrt{\det \Lambda}} \\ &\times \exp\left(-\frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^4 \Lambda_{ij} (z_i - \bar{z}_i)(z_j - \bar{z}_j)\right) \left(1 + O\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)\right), \end{aligned} \quad (9)$$

donde $\bar{\mathbf{z}}$ es el mínimo absoluto de la función $\Phi(\mathbf{z})$, es decir, $\bar{\mathbf{z}}$ es la solución del siguiente sistema de ecuaciones:

$$\frac{\partial \Phi(\mathbf{z})}{\partial z_i} = 0, \quad (10)$$

donde el subíndice j toma los valores $j = \overline{1, 4}$; Λ es la matriz 4×4 con los elementos de la forma:

$$\Lambda_{ij} = \frac{\partial^2 \Phi(\mathbf{z})}{\partial z_i \partial z_j} \Big|_{\mathbf{z}=\bar{\mathbf{z}}},$$

además, $\det \Lambda > 0$; y n es el número total de mediciones realizadas para la variedad de fruta dada:

$$n = \sum_{s=1}^m n_s .$$

Los valores $\bar{z} = (\bar{z}_1, \bar{z}_2, \bar{z}_3, \bar{z}_4)$ calculados de la ecuación (10) son los valores más probables de los parámetros a , b , A y B . La función de distribución (9) no solo provee la información acerca de los valores más probables de las variables aleatorias, sino también permite estimar la exactitud de estos cálculos. En efecto, de acuerdo con los teoremas estadísticos clásicos, la esperanza y la varianza de cada variable aleatoria es ⁽³⁵⁾:

$$M\left(z_i \mid \{x_j^{(1)}\}_{n_1}, t_1; \dots; \{x_j^{(m)}\}_{n_m}, t_m\right) = \bar{z}_i + O\left(\frac{1}{n}\right),$$

$$Var\left(z_i \mid \{x_j^{(1)}\}_{n_1}, t_1; \dots; \{x_j^{(m)}\}_{n_m}, t_m\right) = O\left(\frac{1}{n}\right), \quad i = \overline{1, 4}.$$

En otras palabras, la “exactitud” con la que el método ML estima los valores de los parámetros desconocidos, es del orden $\square 1/n$, donde n es el número total de de mediciones para la variedad de fruta dada.

ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE MADURACIÓN

Sustituyendo la ecuación (5) en (6) se obtiene la función de distribución (8) donde la función $\Phi(a, b, A, B)$ es de la forma:

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

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 (ecuación (10)):

$$\frac{\partial \Phi(a, b, A, B)}{\partial a} = 0, \quad \frac{\partial \Phi(a, b, A, B)}{\partial b} = 0, \quad \frac{\partial \Phi(a, b, A, B)}{\partial A} = 0, \quad \frac{\partial \Phi(a, b, A, B)}{\partial B} = 0. \quad (11)$$

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

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

Los gráficos correspondientes a las ecuaciones anteriores fueron elaborados utilizando el software *Mathematica 5.0*.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 1ª PARTE

Para la evaluación estadística de los parámetros analizados se obtuvieron los promedios y desviaciones estándar de los valores obtenidos a diferentes estadios de maduración. En *Anexo 2* se muestran comportamientos por día de almacenamiento.

6.1.1. Análisis de correlación múltiple

Se realizó un análisis de correlación múltiple para las diferentes variedades con el propósito de establecer la relación entre los diferentes parámetros determinados y depurar la matriz de aquellas variables que mostraron valores mayores al 80% de correlación ($r > 0.8$) bajo el argumento de redundancia en la información y reducción de interferencia o ruido al obtener los resultados.

Como resultado de lo anterior, las variables *peso* y *resistencia a la penetración* fueron excluidas del análisis debido a que el peso es directamente proporcional al diámetro, y la resistencia a la penetración es proporcional a la de compresión.

6.1.2. Análisis de componentes principales

Posterior al análisis de correlación múltiple se tomaron los parámetros DL, DE, °Brix, pH, semillas y resistencia a la compresión.

L8A12

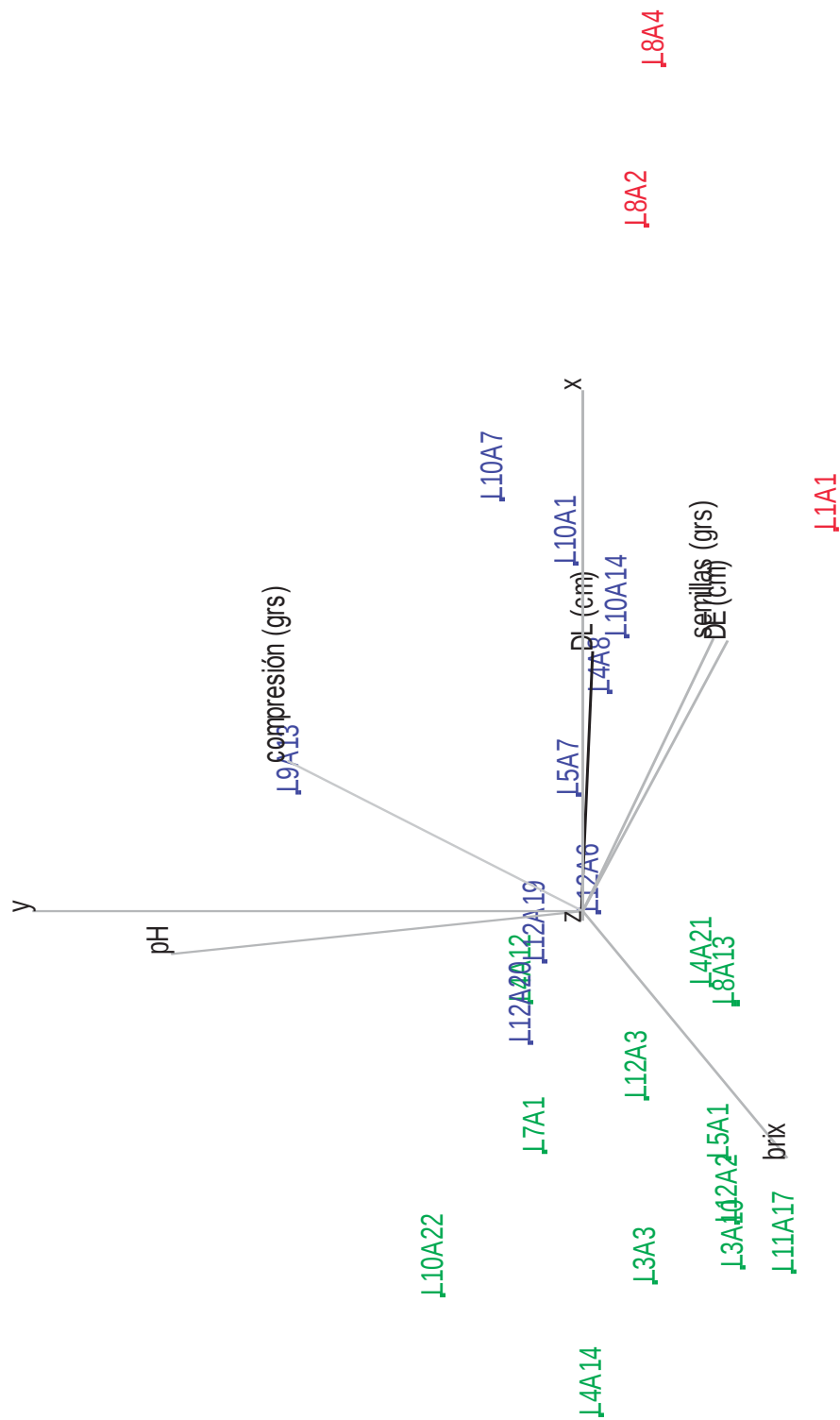


Diagrama 6.1. Componentes principales.
Imágenes correspondientes a las claves
disponibles en anexo 1.

Cuadro 6.1. Relación "clave-procedencia" de variedades de germoplasma

LÍNEA	ÁRBOL	PROCEDENCIA/CLAVE
1	1	Segregante Tailandés
3	3	C-58 BJ-Mich.
3	10	C-120 R-Nay.
4	8	Segregante Tailandés
4	12	C-64 Zit-Mich
4	14	C-101 SnSeb-Jal.
4	21	Hua-Zac.
5	1	Apo-Zac.
5	7	C-105 Guaje-Zac.
7	1	Fuentes-Jal-Zac.
8	2	Villahermosa-Tab.
8	4	Villahermosa-Tab.
8	12	Santiago-Nay.
8	13	Guaje-Hua-Zac.
9	13	Penjamo, Gto.
10	1	Segregante India
10	7	Segregante India
10	14	Segregante India
10	22	SnJNuevo-Mich
11	17	C-146 Tec-Col.
12	2	Hib-56 x 46
12	3	Hib-56 x 46
12	6	Hib-51 x 12
12	19	Hib-10 x 56
12	20	Hib-10 x 51

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante éste análisis, aplicado a las 25 variedades de guayaba (*Diag. 6.1.*), se observa un agrupamiento hacia el lado positivo del Componente Principal 1 (X) que contiene las variables de tamaño (DL, DE) y su correspondencia en número de semillas (semillas (gr)), todas ellas altamente correlacionadas y conformando una dirección de variación explicada con 59.08%. En este sentido las variedades de Villahermosa-Tab. (L8A2 y 8A4) tienen los valores más altos en estas variables, seguidas por la variedad Segregante Tailandés (L1A1). En el extremo opuesto sobre X, se encuentran 6 variedades Hib-56x46 (L12A2), C-120 R-Nay.(L3A10), C-146 Tec-Col.(L11A17), C-58 BJ-Mich. (L3A3), C-101 SnSeb-Jal.(L4A14), SnJNuevo-Mich (L10A22), las cuales son frutos pequeños y en consecuencia con menor número de semillas, pero con valores claramente mayores en grados Brix (brix) que les confiere mayor dulzura.

En el Componente Principal 2 (Y), se tiene una variación explicada de 21.24%, que hace una variación acumulada en dos componentes de 80.32% y en el cual se expresan las variables de pH y compresión (grs), observándose que la variedad Santiago Nay.(L8A12) tiene los valores más altos de compresión y pH, pero es una variedad de tamaño intermedio y dulzura expresada en grados Brix, también intermedia. La otra variedad con valores altos de pH fue Pénjamo,Gto (L9A13) y al igual que la de Santiago,Nay.(L8A12), son intermedias en tamaño y dulzura. En el caso de las variedades de mayor tamaño, la variedad Segregante Tailandés (L1A1) tiene menor pH que las otras dos variedades grandes, aunque en general las tres tienen valores tendientes a la acidez y escasa dulzura. Las variedades pequeñas tienen dos comportamientos en cuanto a pH, la variedad SnJNuevo-Mich (L10A22) con valores más altos y ligeramente menores en °Brix y las otras cinco en un rango de pH más ácido, pero ligeramente más dulces.

6.1.3. Prueba de Tukey-Kramer

En base a los resultados obtenidos del análisis de componentes principales, se consideraron 11 de las 25 variedades totales, tomando como criterio de elección aquellas encontradas en los extremos de los ejes X y Y.

Se aplicó a las 11 variedades sobresalientes una prueba de Tukey-Kramer HSD previo análisis de varianza con la finalidad de identificar la similitud entre los tipos de germoplasma.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

(variedades con las misma letra no difieren estadísticamente)*

Diámetro longitudinal (DL): Durante la maduración, los frutos muestran modificación en varias de sus características, tal es el caso de la circunferencia y la longitud. Estos cambios ocurren simultáneamente con otros cambios visuales en el fruto, como la forma, el volumen, entre otros. Los cambios así como las características del fruto durante la maduración dependen del híbrido.⁽¹¹⁾

Las variedades que presentaron mayor diámetro longitudinal fueron las de Villahermosa-Tab. (L8A4 y L8A2) con un promedio de 9cm mientras que C-120R-Nay.(L3A10) y C-101 SnSeb-Jal.(L4A14) fueron las más pequeñas con un promedio de 4 cm. El resto de las variedades oscilaron entre los 4.6 y 7cm.

Cuadro No. 6.2. Comparación estadística del diámetro longitudinal

Fenotipo						Media
L8A4	a					9.709
L8A2	a					9.055
L1A1		b				6.950
L9A13		b				6.693
L8A12			c			5.744
L11A17				d		5.058
L10A22				d		4.767
L3A3				d		4.658
L12A2				d		4.619
L3A10				d	e	4.513
L4A14					e	3.864

Diámetro ecuatorial (DE): En cuanto al diámetro ecuatorial las variedades de Villahermosa-Tab. (L8A4 y L8A2), al igual que en el DL, fueron las más grandes con un promedio de 8.7 y 8.3 cm respectivamente, por tanto se clasificaron como las variedades de mayor tamaño, mientras que las de menor diámetro longitudinal fueron C-101 SnSeb-Jal.(L4A14) y Santiago,Nay.(L8A12) con promedio de 3.3 cm. De aquí que la C-101 SnSeb-Jal.(L4A14) se consideró como la variedad de menor tamaño.

La media longitudinal osciló entre los 4.8 y 3.8 cm para el resto de las variedades.

Cuadro No.6.3. Comparación estadística del diámetro ecuatorial

Fenotipo							Media
L8A4	a						8.700
L8A2	a						8.309
L1A1	a						8.000
L9A13		b					4.833
L12A2			c				4.310
L11A17			c	d			4.175
L3A10			c	d			3.973
L3A3			c	d	e		3.942
L10A22				d	e		3.867
L4A14					e	f	3.364
L8A12						f	3.333

°**Brix** : En la guayaba como fruta climatérica, los carbohidratos se acumulan hasta la maduración en forma de almidón. A medida que la fruta madura este almidón se convierte en azúcares, entendiéndose que las medidas de azúcar en la fruta pueden proveer una indicación de los estados de maduración. Usualmente los sólidos solubles que están en gran cantidad en los jugos son azúcares, por tanto la medición del material soluble en el jugo de fruta puede dar una medida usualmente confiable de su contenido de azúcar.⁽¹²⁾

Las variedades con mayor cantidad de azúcares presentes fueron C-101SnSeb-Jal. (L4A14), Hib-56x46 (L12A2) y C-146 Tec-Col.(L11A17) con un promedio de 18°Brix, asociando a la variedad más pequeña C-101 SnSeb-Jal. el mayor contenido de azúcares con 18.3°Brix. , mientras que las variedades con menor contenido de azúcares fueron las de mayor tamaño, de Villahermosa-Tab (L8A2 y L8A4) con 9.6 y 10.5°Brix respectivamente, esto debido a que la concentración de azúcares disminuye por dilución. Santiago,Nay. (L8A12), variedad de tamaño intermedio, presentó 10.5°Brix.

Cuadro No.6.4. Comparación estadística de °Brix

Fenotipo				Media
L4A14	a			18.364
L12A2	a			18.083
L11A17	a			18.042
L10A22	a			17.278
L3A10	a	b		16.967
L3A3	a	b		15.708
L1A1		b	c	12.417
L9A13			c	11.773
L8A12			c	10.556
L8A4			c	10.500
L8A2			c	9.591

pH: La acidez iónica o pH marca el índice de la intensidad de sabor ácido de un fruto, la guayaba oscila en un pH de entre 3.5 y 4.5. De ahí que la variedad con menor intensidad de sabor ácido fue la Santiago,Nay. (L8A12) con pH=5, mientras que las C-120R-Nay.(L3A10) e Hib-56x46 (L12A2) presentaron mayor acidez con pH de 3.72, aunque no existe diferencia significativa con el resto de las variedades que comprenden entre los 3.79 y 4.3.

Cuadro No.6.5. Comparación estadística de pH

Fenotipo						Media
L8A12	a					5.070
L10A22		b				4.378
L9A13		b	c			4.153
L4A14			c	d		3.957
L3A3			c	d		3.948
L1A1			c	d	e	3.857
L8A4				d	e	3.820
L8A2				d	e	3.812
L11A17				d	e	3.792
L3A10				d	e	3.729
L12A2					e	3.720

6.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 2ª PARTE

Del desarrollo del método estadístico-matemático para evaluar la velocidad de maduración del fruto de guayaba con base en los parámetros °Brix, pH y acidez se obtuvieron los gráficos siguientes:

6.2.1. Velocidad de cambio en °Brix:

Los °Brix están relacionados con la senescencia de la guayaba, los °Brix están representados en azúcares que oscilan entre 6 y 25% en el fruto.

Durante el proceso de maduración del fruto de guayaba se observa un aumento en la cantidad de sólidos producto de la respiración (véase *Anexo No.2*), la cual mediante las reacciones metabólicas van degradando azúcares de reserva y formando azúcares simples como glucosa, ribosa y sacarosa.⁽³⁰⁾

En el diagrama No.6.2 se presenta la velocidad de cambio de °Brix en función del tiempo. Está representada sobre la coordenada X la velocidad de cambio de los °Brix en función del tiempo, las elipses que se observan ovaladas ecuatorialmente describen un proceso de cambio en °Brix en un lapso mayor de tiempo respecto a las circulares o incluso lineales, éstas en cambio presentan una velocidad de cambio acelerada.

Sobre la coordenada Y se ubica en el punto central de la elipse el valor inicial del parámetro y su desviación estándar se describe longitudinalmente, las variedades con desviación estándar moderada presentan forma lineal mientras que las desviaciones estándar más pronunciadas tienden a formar óvalos.

Se aprecia un tono de color más intenso en aquellos sitios donde se concentró una mayor cantidad de datos, conforme la tonalidad se desvanece indica que el número de mediciones se dispersa.

Por tanto, las variedades que mostraron un cambio acelerado en la cantidad de azúcares fueron las de Villahermosa-Tab.(#2,3 del diagrama), la C-120 R-Nay (#11) y el Hib-56x46 (#10) (ver *anexo No.1: 1.11, 1.12, 1.3, 1.21 respectivamente*) por lo que serían variedades que podrían recomendarse para consumo local ya que su vida de anaquel y/o traslado es limitado, mientras que

las que llevaron a cabo un proceso de cambio paulatino fueron las dos variedades de Segregante Tailandés (#1,4), C-146 Tec-Col (#7), C-58 BJ-Mich (#9), SnJNuevo-Mich.(#8) y Pénjamo,Gto.(#5) (*ver anexo No.1: 1.1, 1.4, 1.20, 1.2, 1.19, 1.15 respectivamente*) éste tipo de germoplasma sería recomendable para traslados que requieran un mayor tiempo de almacenamiento, siendo de gran utilidad en época de invierno en la cual existe una gran oferta del producto.

La variedad que mostró una velocidad intermedia de cambio fue Santiago-Nay. (#6) (*anexo No.1: 1.13*), aunque en el gráfico se observa un comportamiento inverso al resto de las variedades, es decir, la elipse se encuentra desplazada hacia los valores negativos del eje X, indicando que los °Brix disminuyeron en función del tiempo, esto debido a que ésta variedad en particular no maduró durante el periodo de almacenamiento sino que se mantuvo en un estado verde, es posible que el fruto no alcanzara su estado de madurez fisiológica al momento de la cosecha tendiendo como consecuencia una alteración en el proceso de desarrollo del mismo.

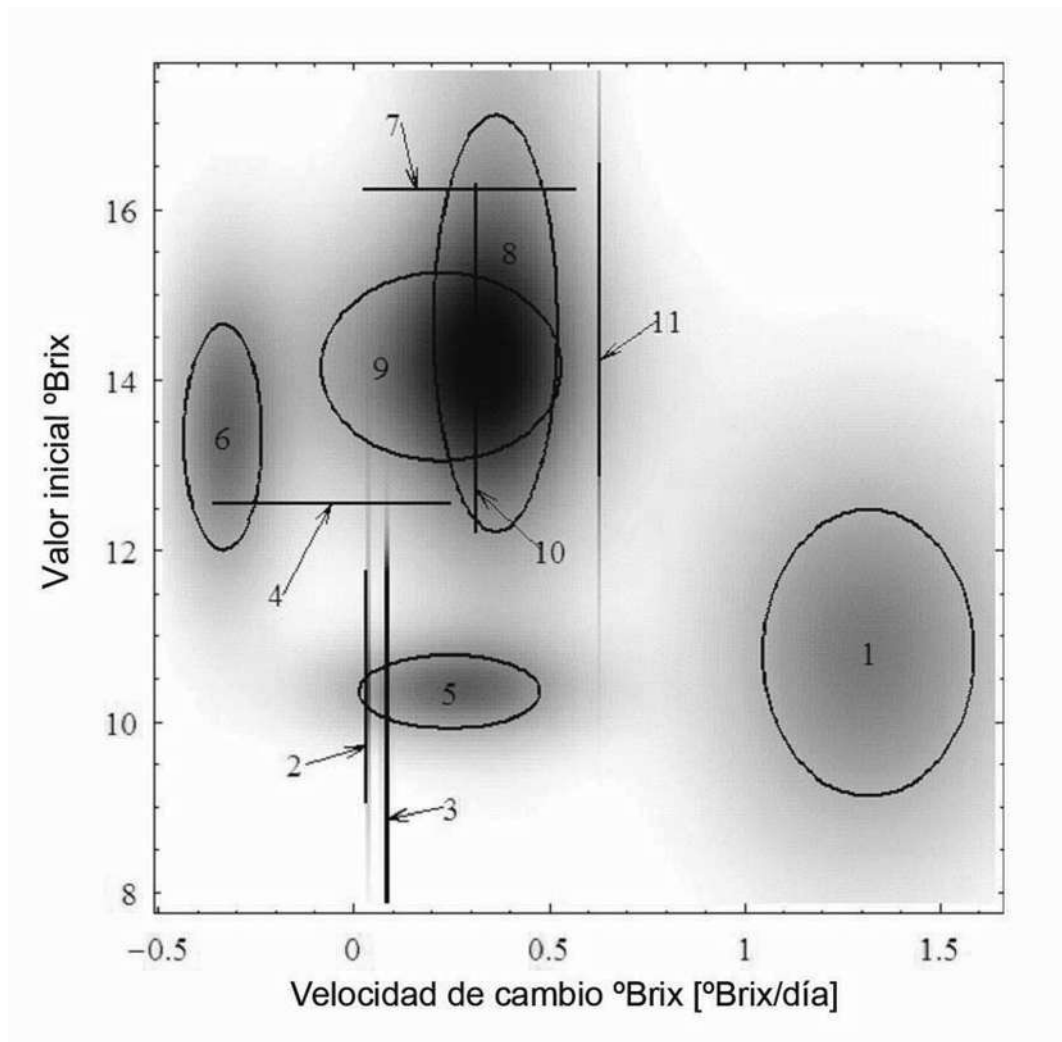


Diagrama No.6.2. Velocidad de cambio de °Brix en función del tiempo (las claves correspondientes a los números del diagrama se encuentran debajo del mismo)

Cuadro No.6.6. Claves correspondientes a los números mostrados en diagramas.

No. en gráfico	Variedad	Clave
1	Segregante Tailandés	L4A14
2	Villahermosa-Tab.	L8A4
3	Villahermosa-Tab.	L8A2
4	Segregante Tailandés	L1A1
5	Pénjamo,Gto.	L9A13
6	Santiago-Nay.	L8A12
7	C-146 Tec-Col.	L11A17
8	SnJNuevo-Mich	L10A22
9	C-58 BJ-Mich	L3A3
10	Hib-56x46	L12A2
11	C-120 R-Nay	L3A10

6.2.2. Velocidad de cambio en pH

Los valores de pH brindan la medida de acidez o alcalinidad de un producto ⁽¹¹⁾

A medida que los frutos avanzan en su estado de desarrollo aumenta el pH de los mismos debido a que existe un incremento en la velocidad de degradación de las sustancias celulósicas pecticas y por ende el ablandamiento del fruto. ⁽¹⁶⁾

Aún y cuando el pH aumenta, se mantiene en rangos relativamente bajos de 3.5 a 4.5 (ver Anexo No.2); lo cual favorece la hidrólisis o degradación de los carbohidratos poliméricos, especialmente sustancias pecticas y hemicelulosa, debilitándose las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen las células unidas, esto se traduce en la pérdida de la firmeza del fruto y aumento de los azúcares solubles y ácidos durante el proceso de maduración. ⁽¹⁶⁾

Tomando como referencia la explicación del diagrama °Brix, se infiere que de acuerdo al diagrama No.6.3 las variedades que cambiaron el pH aceleradamente fueron las dos de Villahermosa-Tab. (#2,3), Pénjamo,Gto.(#5), C-58 BJ-Mich. (#9) e Hib-56x46 (#10), observándose elipses longitudinalmente angostas sobre el eje X; y las que presentaron un cambio de pH tardío fueron las dos Segregante Tailandés (#1,4), Santiago-Nay.(6) , C-146 Tec-Col.(7), SnJNuevo-Mich (#8), C-120 R-Nay (#11), siendo éstas las más adecuadas

para exportación puesto que resisten periodos prolongados de almacenamiento debido a que el pH es el que determina la supervivencia de un fruto, el crecimiento de microorganismos durante el proceso de formación, el almacenaje y su distribución.⁽⁷⁾

El valor inicial de pH localizado al centro de cada una de las elipses y sus respectivas desviaciones estándar están representadas sobre el eje Y, teniendo a las variedades Pénjamo,Gto.(#5) y C-58 BJ-Mich. (#9) con la mayor dispersión del parámetro.

A pesar de que el pH tiene una evolución ascendente conforme la maduración del fruto incrementa, cabe destacar que en el diagrama No. 6.3 las variedades SnJNuevo-Mich (#8) y C-58 BJ-Mich. (#9) presentan un comportamiento inverso, apreciándose un desplazamiento hacia el lado negativo del eje X, debido a que mostraron una evolución negativa conforme al estado de desarrollo (véase *Anexo No.2.2*), esto tal vez debido a que los estadíos de maduración por lote se encontraran en diferentes etapas por tiempo de almacenamiento.

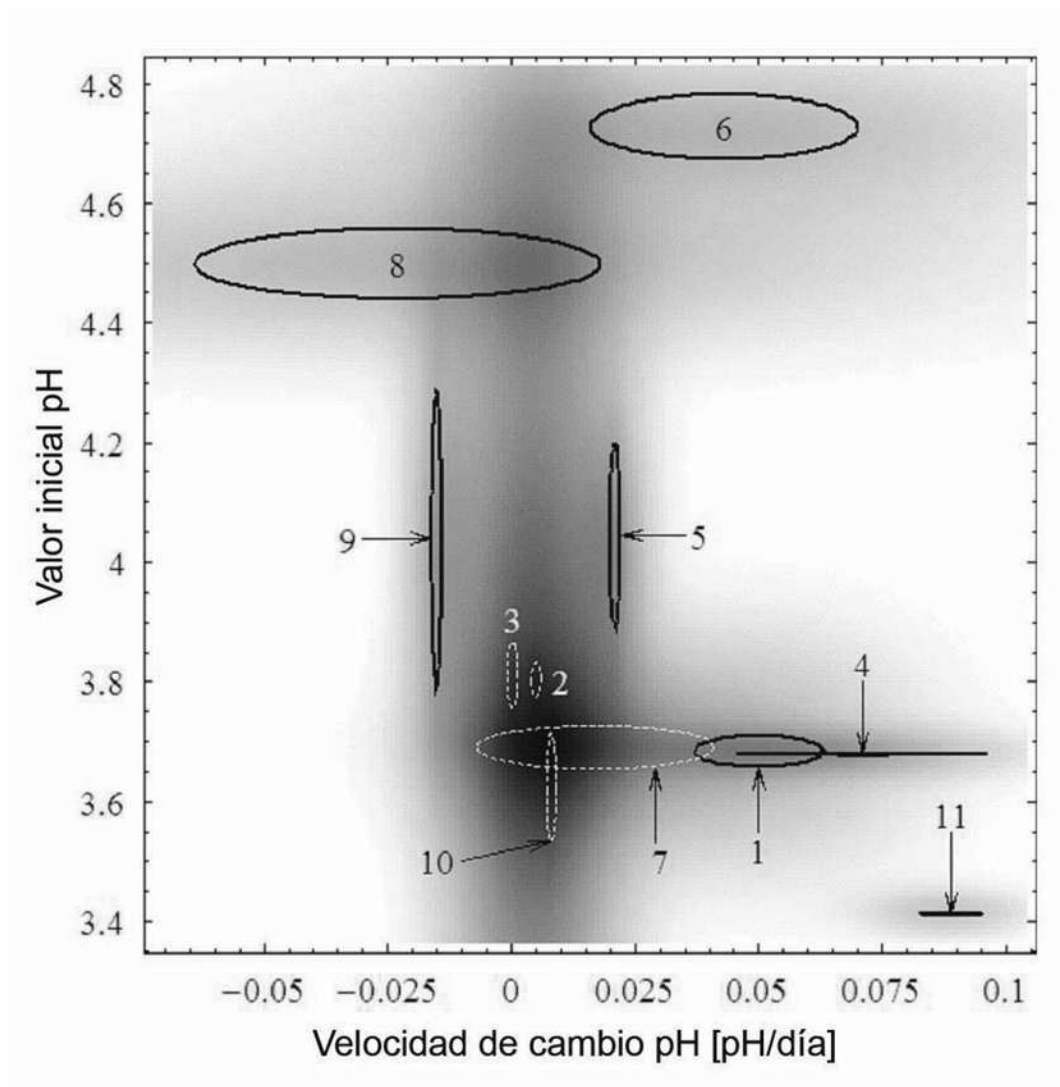


Diagrama No.6.3. Velocidad de cambio de pH en función del tiempo (las claves correspondientes a los números de la gráfica se encuentran en el cuadro No.6.6)

6.2.3. Velocidad de cambio en ácido cítrico (% acidez):

Sobre el diagrama No.6.4 se observan las variedades que experimentaron una velocidad acelerada de cambio en porcentaje de acidez como fue el caso de Segregante Tailandés (#1), las dos de Villahermosa-Tab. (#2,3), Pénjamo, Gto. (#5), y C-120 R-Nay (#11), mientras que las que cambiaron gradualmente ésta concentración fueron Segregante Tailandés (#4), C-146 Tec-Col. (#7), SnJNuevo-Mich (#8), Hib-56x46 (#10). Las de Santiago-Nay.

(#6) y C-58 BJ-Mich (#9) cambiaron con un velocidad intermedia respecto a las mencionadas con anterioridad.

Sobre el eje Y de las elipses se localiza la desviación estándar de cada una de ellas.

A pesar de la variabilidad en la velocidad de cambio de las variedades, se encuentran dos comportamientos distintos sobre el eje X, es decir, aquellas elipses que se encuentran desplazadas hacia la derecha y/o aquellas que su orientación es hacia el lado izquierdo con respecto del punto de intersección de la coordenada (punto 0).

Las elipses desplazadas a la derecha indican que la acidez de esas variedades se incrementó conforme su estado de maduración avanzó, tal es el caso de Segregante Tailandés (#1), Segregante Tailandés (#4), Santiago-Nay.(#6), SnJNuevo-Mich (8), C-58 BJ-Mich (#9) e Hib-56x46 (#10) . Por otro lado, aquellas cuyo desplazamiento se muestra hacia el lado izquierdo del plano indican que su porcentaje de acidez disminuyó con respecto al tiempo, como las dos de Villahermosa-Tab. (#2,3), Pénjamo,Gto. (#5), C-146 Tec-Col. (#7) y C-120 R-Nay (#11).

Esta variación paramétrica se debe a que probablemente el estado de maduración de las 11 variedades no era uniforme al momento de hacer la determinación, ya que el ácido cítrico en frutos tiende a incrementar su concentración cuando hay un aumento climatérico, es decir, en la respiración, y después del climaterio la cantidad de ácido cítrico disminuye⁽⁴¹⁾, explicando entonces que las variedades con orientación positiva en el plano aún se encontraban en climaterio, mientras que las de comportamiento negativo ya habían pasado por este estado (véase Anexo No. 2).

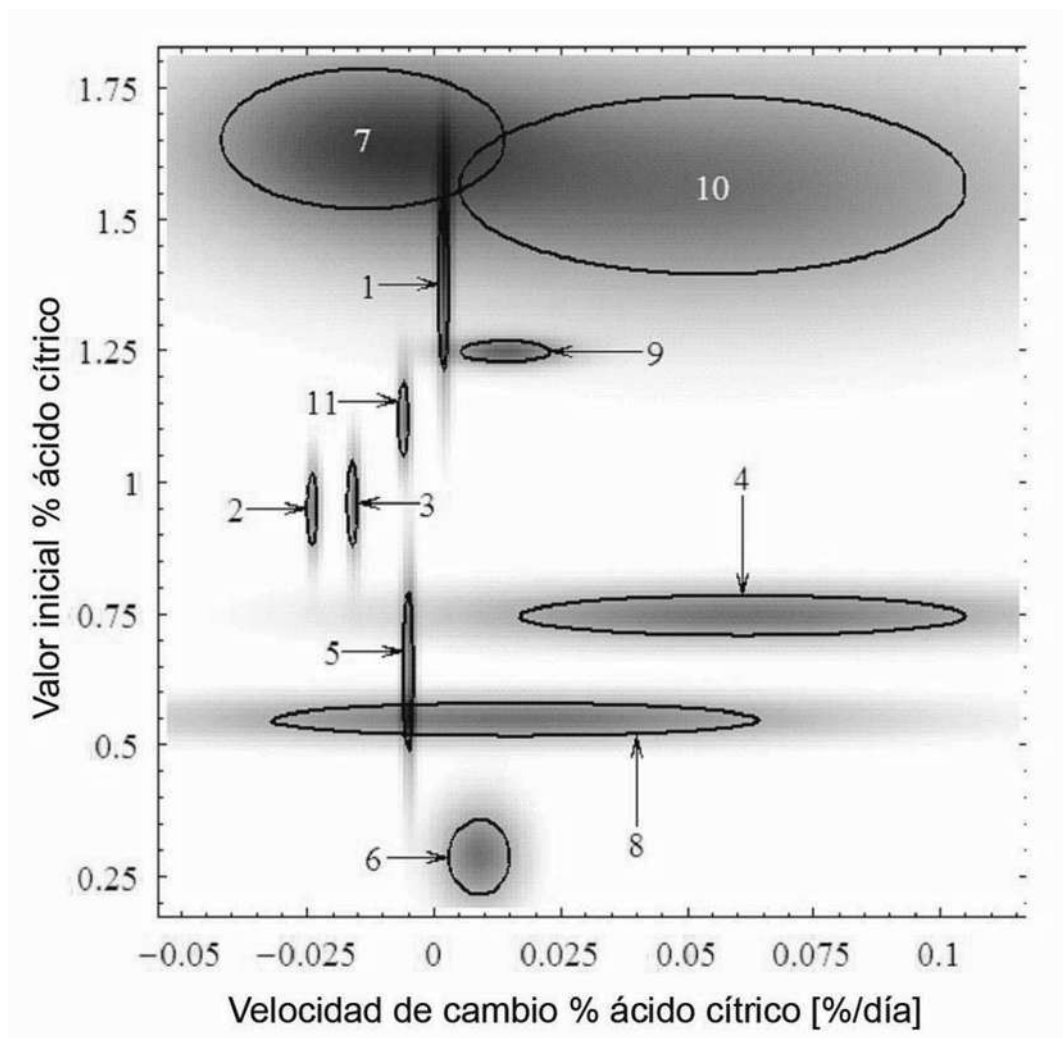


Diagrama No.6.4. Velocidad de cambio de ácido cítrico en función del tiempo (las claves correspondientes a los números de la gráfica se encuentran en el cuadro No.6.6)

VII. CONCLUSIONES

- Las variedades de guayaba analizadas difieren estadísticamente en cuanto a características físicas y químicas.
- Para el desarrollo de un análisis estadístico comparativo puede prescindirse de evaluar todos los parámetros que indican la calidad del fruto considerando la existencia de correlación directa entre algunos de ellos.
- La velocidad de maduración de la guayaba (*Psidium guajava* L.) se puede determinar mediante un método estadístico-matemático, el cual describe la rapidez cambiante de los parámetros evaluados.
- En función de los resultados obtenidos para velocidad de maduración de las variedades de guayaba estudiados, es posible orientar su destino final de consumo, logrando predecir el tiempo de vida medio por fruto/germoplasma.

IX. CITAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acero D.L.E. 2002. Guía para el cultivo y aprovechamiento del chachafruto o balú: *Erythrina edulis* Triana ex Micheli. Serie Ciencia y tecnología No.105. 2a ed. pp.9.
2. Anaya. A.L., Espinosa G.F., Cruz. O.F. 2001. Relaciones químicas entre organismos: Aspectos básicos y perspectivas de su aplicación. 1ª edición. Ed. Plaza y Valdés. Cap.9. pp.386.
3. Aranda P., Planells E., Llopis J. 2000. Magnesio. Scientific Communication: Art o Technique?. Rev. Ars Pharmaceutica. No.41. Vol.1. pp. 91-100.
4. Arasa G.M. 2005. Manual de nutrición deportiva. 1ª edición. Ed. Paidotribo. Cap.1. pp.78.
5. Badui S. 2006. Química de los alimentos. 4ª edición. Ed.Pearson. Cap.6. pp.371, 388-389, 396-398.
6. Barreiro P.M. 1991. Claridades agropecuarias. Revista mensual producida y editada por Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria, Órgano Desconcentrado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. pp.4.
7. Bosquez M.E. 2009. Manual prácticas de laboratorio. Fisiología y tecnología poscosecha de frutas y hortalizas. Práctica #2. . Universidad Autónoma Metropolitana. pp. 1-3.
8. 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. pp. 34-38.
9. Cordero J., Broshier D., Barrance A. 2003. Arboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Ed. Catie. Cap.10 pp.820.

10. Cuniberti de R.N.E. 2009. Lesiones cervicales no cariosas: la lesión dental del fruto. 1ª edición. Ed. Panamericana. Cap.2. pp.23.
11. Dadzie B.K., Orchard J.E. 1997. Evaluación rutinaria poscosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos. Guías técnicas de la Red Internacional para el mejoramiento del Banano y el Plátano 2 (INIBAP). Pp.12, 18.
12. 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.Pereira. pp.2-7.
13. Gnedenko B.V. 1963. The Theory of Probability.
14. 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. 1, 5, 11. Pp. 6,49-50, 52-54, 138-142.
15. Hui Y.H., Barta J. 2006. Handbook of fruits and fruit processing. Ed. Blackwell Publishing. Cap.3. pp.600,604-605.
16. Laguado N., Marín M., Arenas de M.L., Castro de R. 1998. Relación entre variables indicadoras de maduración de frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.) var. Dominicana roja. Rev. de la Facultad de Agronomía. LUZ 15. pp. 422-428.
17. Larios G.A., Aguilar A.L., Cepeda V. M.A. 1995. Frutales de clima templado. INIFAP-CIDEM. Cap.6. pp.156.
18. Marquina V., Araujo L., Ruíz J., Rodríguez-Malaver A., Vit P. 2008. Composición química y capacidad antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba. Archivos latinoamericanos de nutrición, órgano oficial de la sociedad latinoamericana de nutrición. No.1. Vol.58. pp. 98-102.
19. Martínez F.H.E. 2008. Temas selectos en alimentos, nutrición y salud. Ed. UMSNH. Cap.1, 3. pp.18, 87, 89.

20. Mata y Rodríguez. 1990. Cultivo y producción del guayabo. Ed. Trillas. Cap.1. pp.14,17, 20-23,35,38.
21. Ministerio de recursos naturales y del ambiente. 1994. Estudio tecnológico de la madera en tres especies de mangle. 1a edición. Ed. Hispamer. Cap. Glosario. pp.83.
22. NMX-FF-011-1982. PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS, PARA USO HUMANO. FRUTA FRESCA. DETERMINACIÓN DE ACIDEZ TITULABLE.
23. NMX-FF-015-1982. PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS, PARA USO HUMANO. FRUTA FRESCA. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES.
24. Padilla R.J.S., González G.E., Perales de la C., Reyes P.H.R., Osuna C.E.S. 2007. Variabilidad del fruto de la guayaba (*Psidium guajava* L.) Mexicana. Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Publicación especial No.31. Ed. INIFAP. pp. 3, 4,10-15.
25. 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. pp.1, 2, 6-11, 14.
26. Pérez B.M.H., Vázquez V.V., Osuna G.J.A., Padilla R.J.S., Sánchez L.R., Ruiz C.A. 2009. Establecimiento de módulos de validación de cultivares de guayaba (*Psidium guajava* L.) bajo condiciones de Nayarit. Segundo y tercer informe parcial 2009 periodo: mayo-octubre. Ed. INIFAP. pp.3.
27. Rojas G.S., García L.J., Alarcón R.M. 1996. Propagación asexual de plantas. Ed. Corporación colombiana de investigación agropecuaria. Cap.1. pp.10-11.
28. Rueda M.G.I. Tesis de licenciatura: Impacto del calcio, choque térmico y refrigeración sobre la calidad química de guayaba transferida a temperatura ambiente. QFB. UMSNH. Pp.32

29. Shils M.E. 2002. Nutrición en salud y enfermedad. 9a edición. Vol.1. Ed. McGraw Hill interamericana. Cap.1. pp.223,241, 283-284.
30. Silva M. A. Tesis de licenciatura: Efecto de la temperatura sobre la calidad química de frutos de guayaba en tres estados de maduración. QFB. UMSNH. Pp.53,77.
31. Soriano del Castillo. J.M. 2006. Nutrición básica humana. Ed. EducacióMaterials. Cap.9. pp.198, 200.
32. Trivedi P.C. 2006. Advances in plant physiology. Ed. IK International publishing house Pvt. Ltd. Cap.13. pp.182-183.
33. Valdivia L.R. 2008. Caracterización morfoagronómica de cultivares de sorgo sensible al fotoperíodo 86 SCP 806 y 99 PREEIME 119. Ed. Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria. Protocolo de Investigación.
34. Zanoni M.C.A. 1975. Tesis maestría: Propagación vegetativa de por estacas de ocho especies forestales. Ed. Universidad de Costa Rica. Cap.2 pp.2.

Sitios web:

35. Diccionario de ciencias hortícolas. 1998. pp.204. Consulta en Septiembre 2010.
URL:http://books.google.com.mx/books?id=oW6dbRgw62gC&pg=PA101&dq=propagaci%C3%B3n+sexual+del+guayabo&hl=es&ei=V6LqTJCIBob6sAPrh-mwCw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=8&ved=0CEYQ6AEwBw#v=onepage&q=fruto&f=false .
36. Ficha técnica. Industrialización de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Consulta en Agosto 2010.
URL:http://www.cnp.go.cr/php_mysql/admin/KTML/uploads/files/boletines/Guayaba_FTP.pdf.

37. INTRODUCCION A LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
MODULO: TECNOLOGIA DE FRUTAS. Consulta en Agosto 2010.

URL:<http://www.slideshare.net/mamevarela/tecnologia-de-frutas>.

38. MANUAL SAGARPA GUAYABA p.66. Consulta en Agosto 2010.

URL:http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercao/Diagn%C3%B3stico%20de%20necesidades%20de%20infraestructura%20para%20impulsar%20la%20export.%20de%20guayaba.pdf .

39. Potasio, elementos y sustancias activas. Consulta en Noviembre 2010.

URL:<http://www.fisaude.com/nutricion/nutricion-terapeutica/potasio-elementos-y-sustancias-activas/funcion-fisiologica-potasio.html> .

40. Propiedades de la guayaba. Consulta en Agosto 2010.

URL: <http://agqnutricion.com/2009/02/propiedades-de-la-guayaba/>.

41. URL:<http://www.scielo.cl/fbpe/img/bosque/v30n2/art06-figura01.jpg>.

Consulta en Noviembre 2010.

42. URL: <http://jardin-mundani.com/empelts/xap.jpg>. Consulta en Noviembre 2010.

43. URL: <http://jardin-mundani.info/myrtaceae/guayabas55.jpg>. Consulta en Noviembre 2010.

44.

URL:<http://www.reddelcampo.net/redcampo/images/stories/guayaba3.jpg>
. Consulta en Noviembre 2010.

45. URL: http://www.acidoascorbico.com/vitamina_c . Consulta en Octubre 2010.

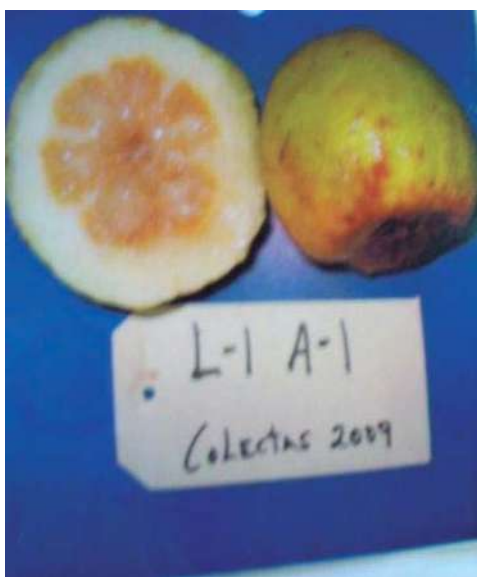
46. URL: <http://rotafolio.files.wordpress.com/2009/08/guayabo222.jpg>.
Consulta en Diciembre 2010.

47. URL: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-040-2002.pdf>. Consulta en Enero 2011

IX. ANEXOS

ANEXO 1

IMÁGENES GERMOPLASMA



1.1) Segregante Tailandés (L1A1)



1.2) C-58 BJ-Mich. (L3A3)



1.3) C-120 R-Nay. (L3A10)



1.4) Segregante Tailandés (L4A8)



1.5) C-64 Zit-Mich. (L4A12)



1.6) C-101 SnSeb-Jal. (L4A14)



1.7) Hua-Zac. (L4A21)



1.8) Apo-Zac. (L5A1)



1.9) C-105 Guaje-Zac. (L5A7)



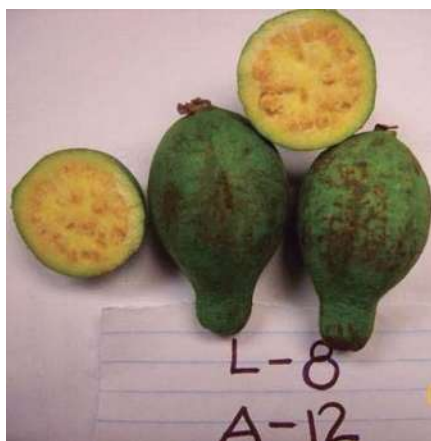
1.10) Fuentes-Jal-Zac.



1.11) Villahermosa-Tab. (L8A2)



1.12) Villahermosa-Tab. (L8A4)



1.13) Santiago-Nay. (L8A12)



1.14) Guaje-Hua-Zac. (L8A13)



1.15) Pénjamo, Gto. (L9A13)



1.16) Segregante India (L10A1)



1.17) Segregante India (L10A7)



1.18) Segregante India (L10A14)



1.19) SnJNuevo-Mich. (L10A22)



1.20) C-146 Tec-Col. (L11A17)



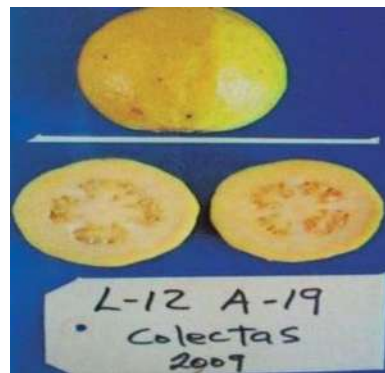
1.21) Hib-56x46 (L12A2)



1.22) Hib-56x46 (L12A3)



1.23) Hib-51x12 (L12A6)



1. 24) Hib-10x56 (L12A19)



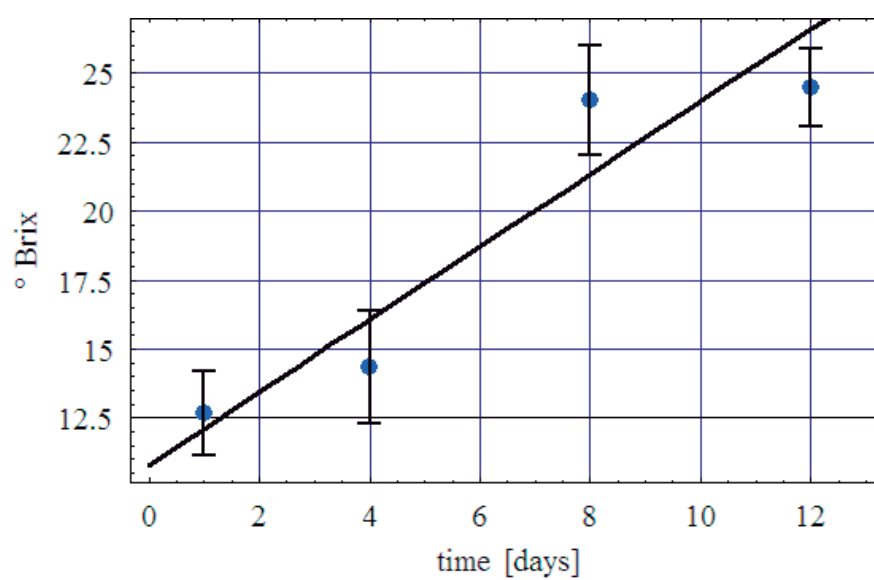
1.25) Hib-10x51 (L12A20)

ANEXO 2

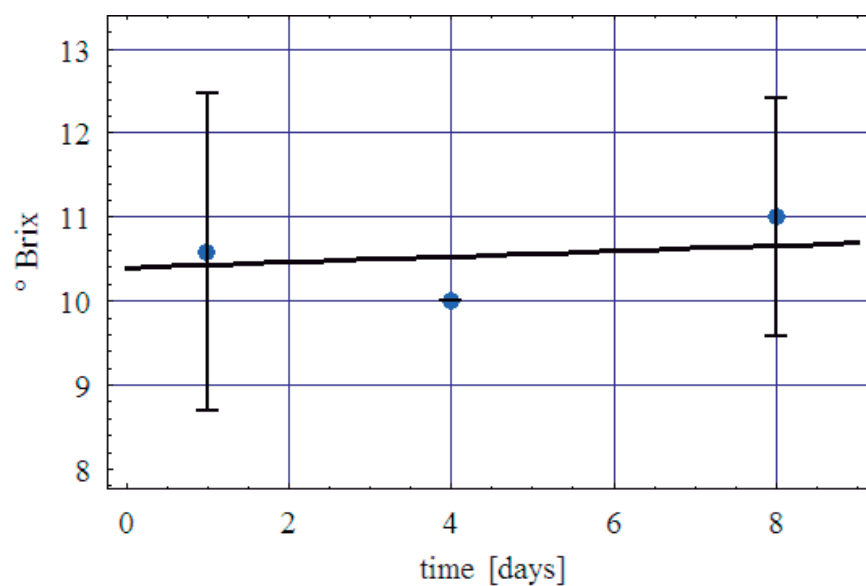
GRÁFICAS VARIACIÓN DE °BRIX, pH y ACIDEZ POR PERIODO DE ALMACENAMIENTO

2.1. VARIACIÓN DE °BRIX/DÍA DE ALMACENAMIENTO

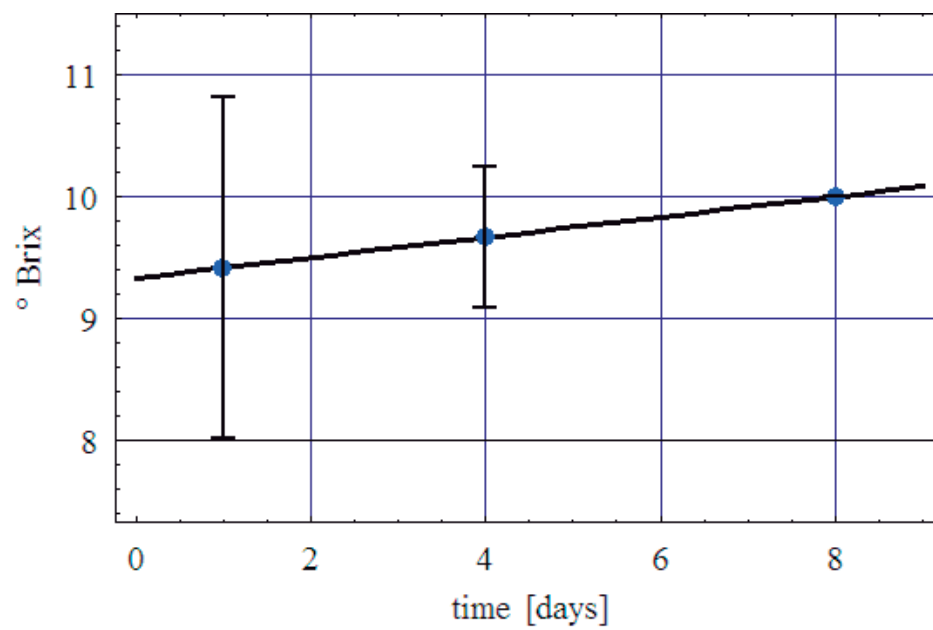
Segregante Tailandés (L4A14)



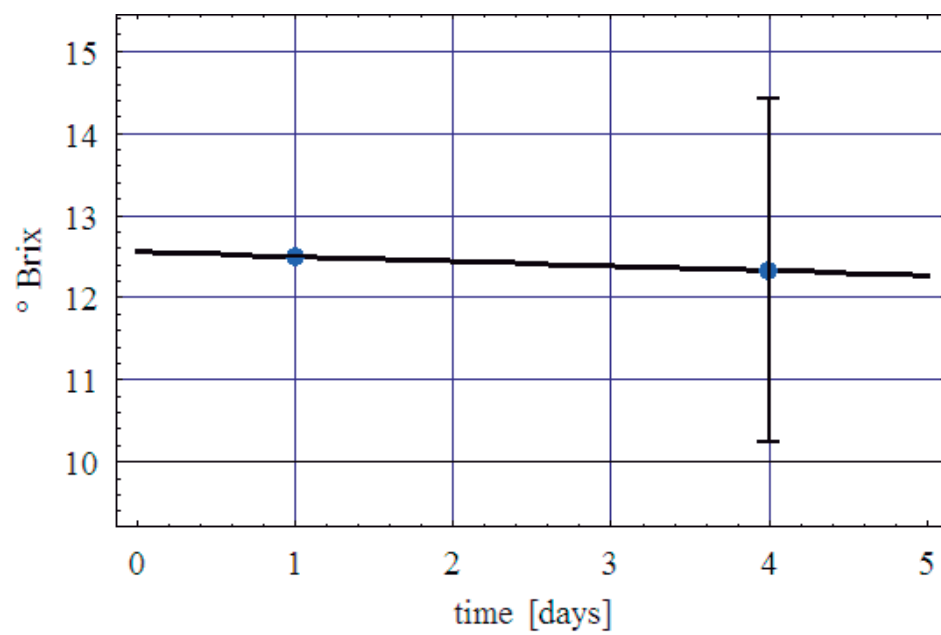
Villahermosa-Tab. (L8A4)



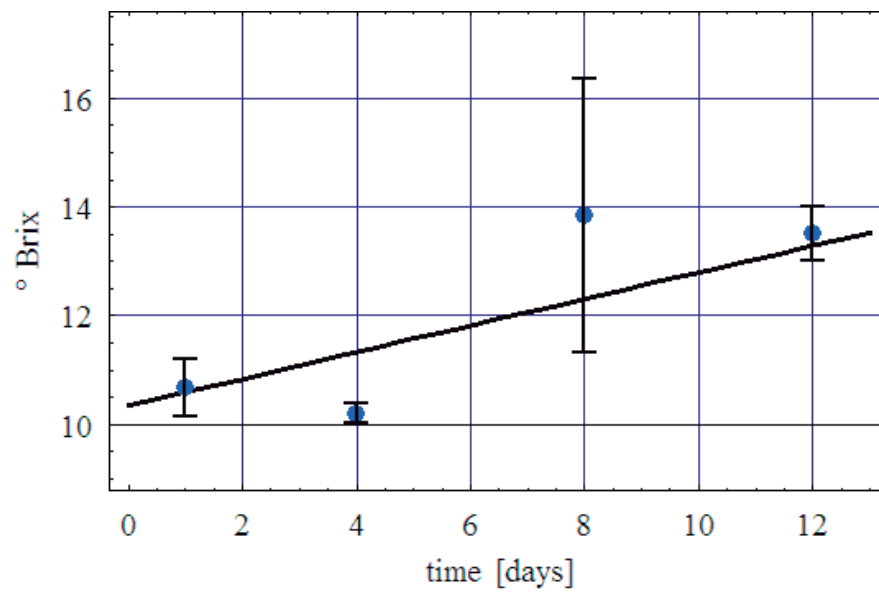
Villahermosa-Tab. (L8A2)



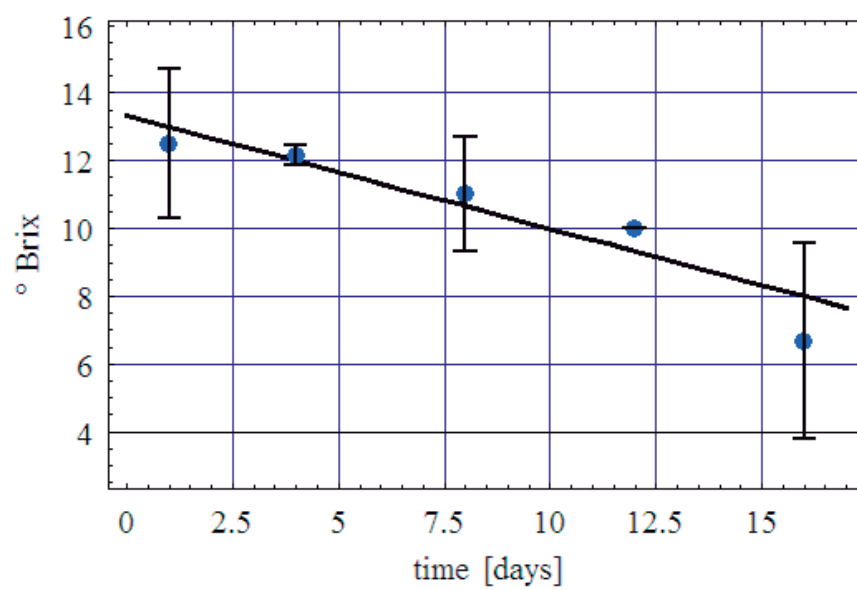
Segregante Tailandés (L1A1)



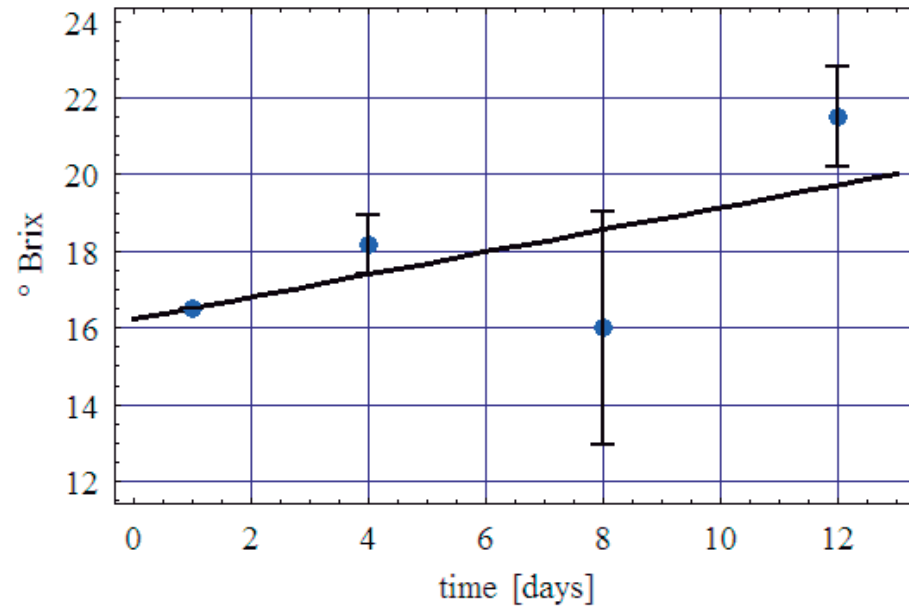
Pénjamo, Gto. (L9A13)



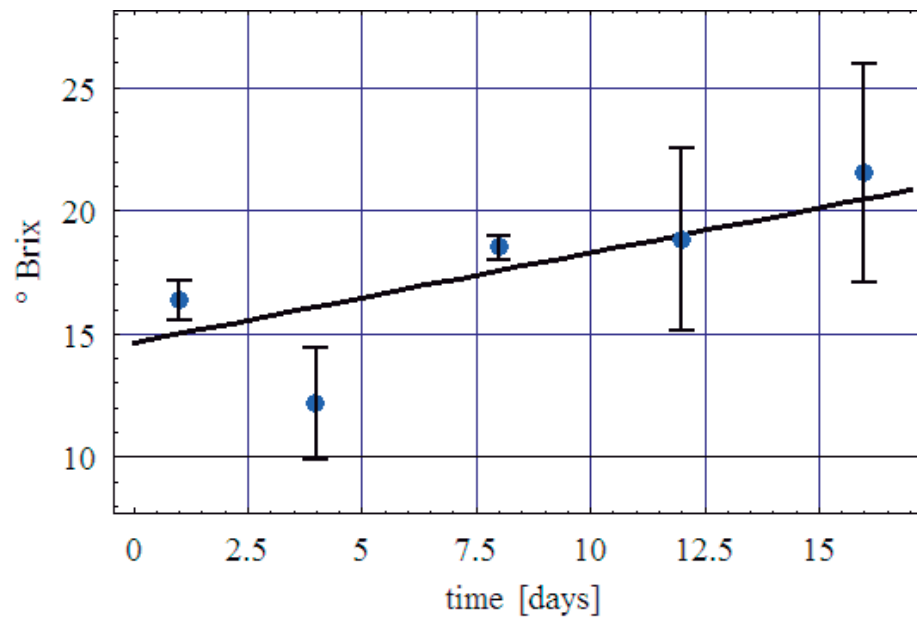
Santiago-Nay. (L8A12)



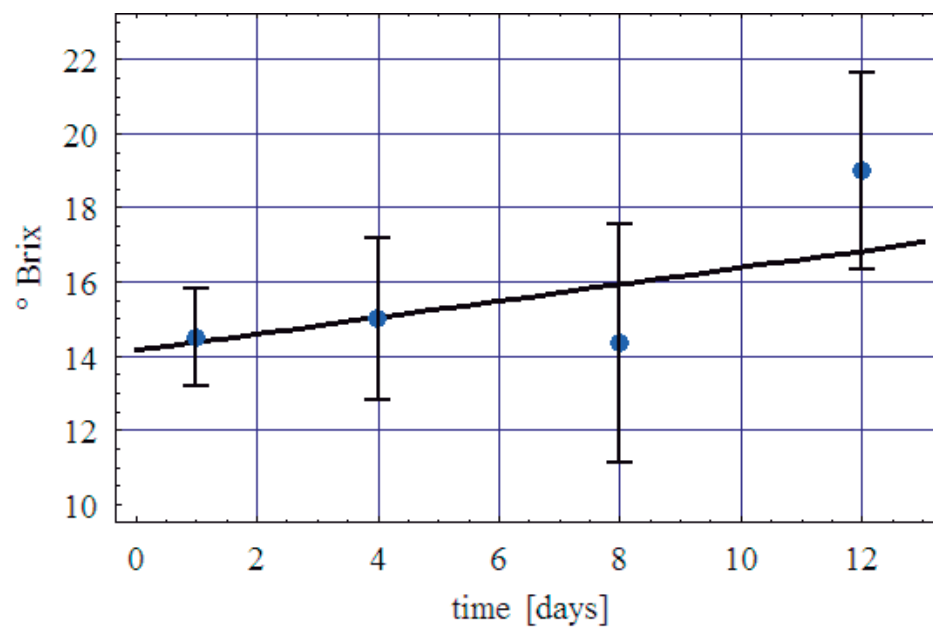
C-146 Tec-Col. (L11A17)



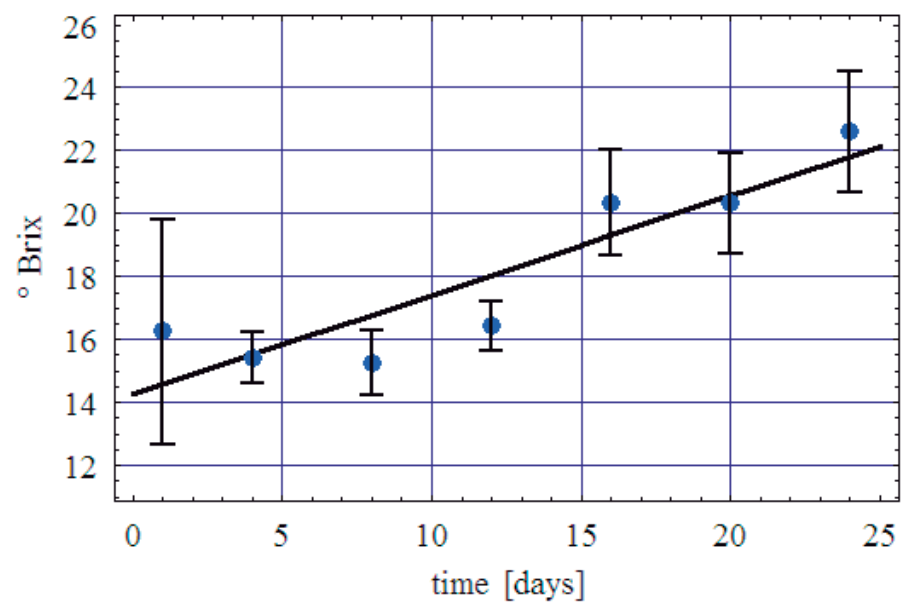
SnJNuevo-Mich (L10A22)



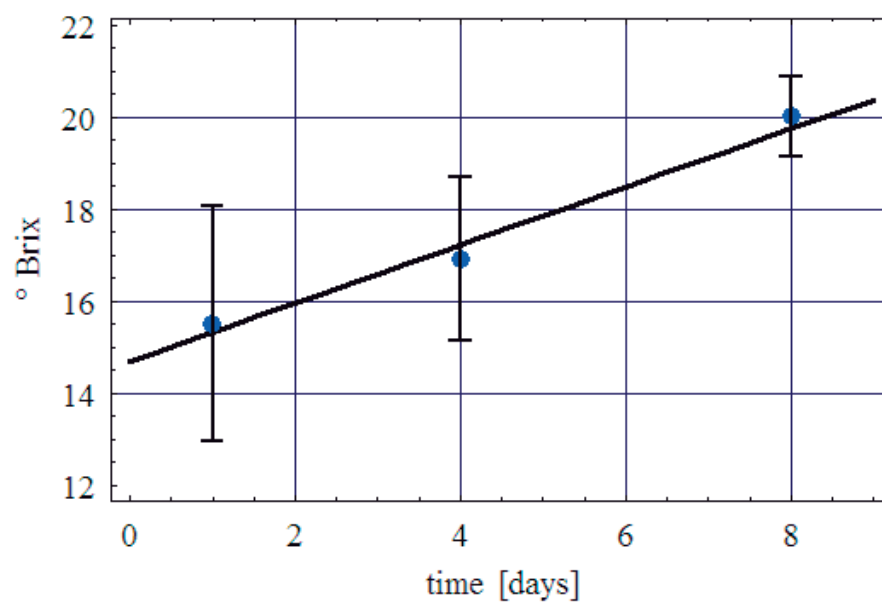
C-58 BJ-Mich. (L3A3)



Hib-56x46 (L12A2)

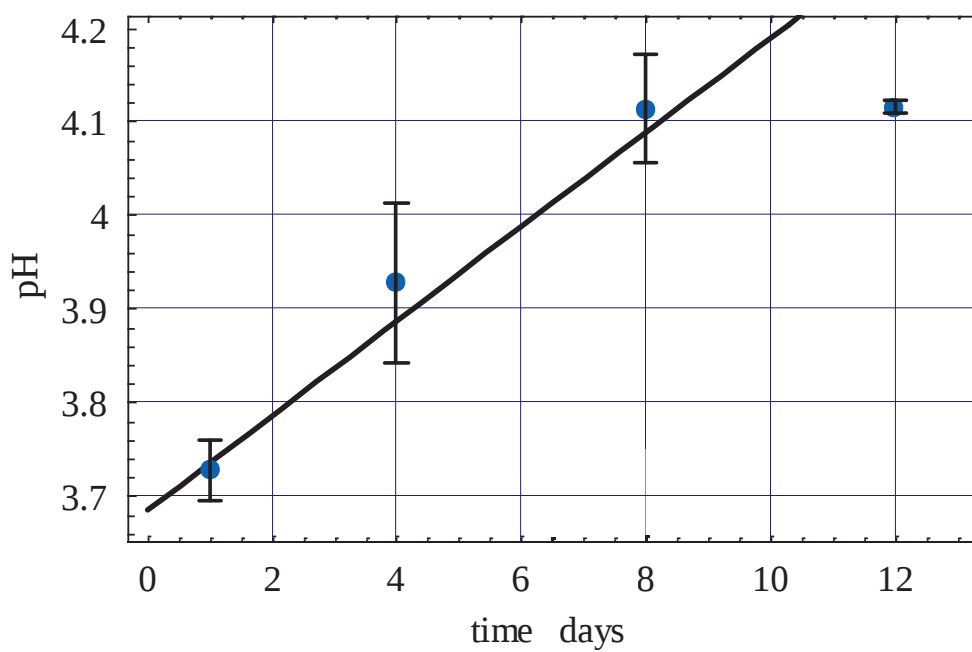


C-120 R-Nay. (L3A10)

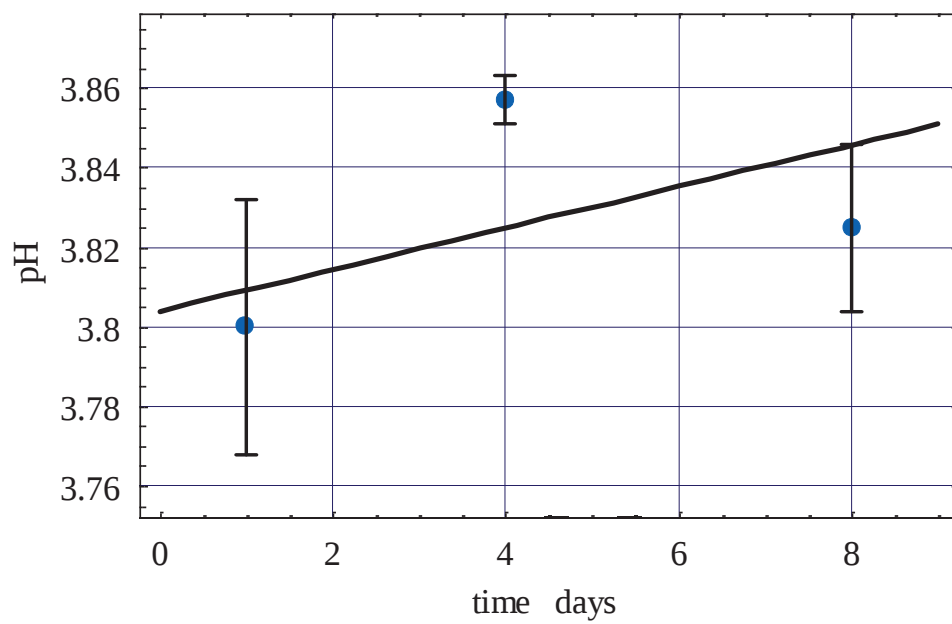


2. 2. VARIACIÓN DE pH/DÍA DE ALMACENAMIENTO

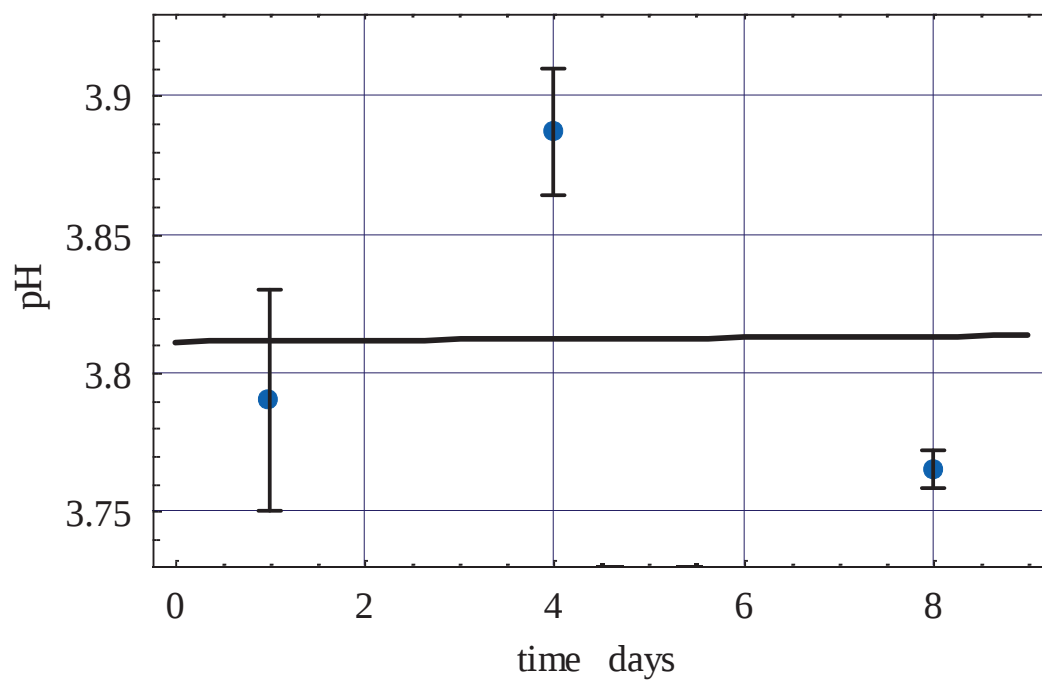
Segregante Tailandés (L4A14)



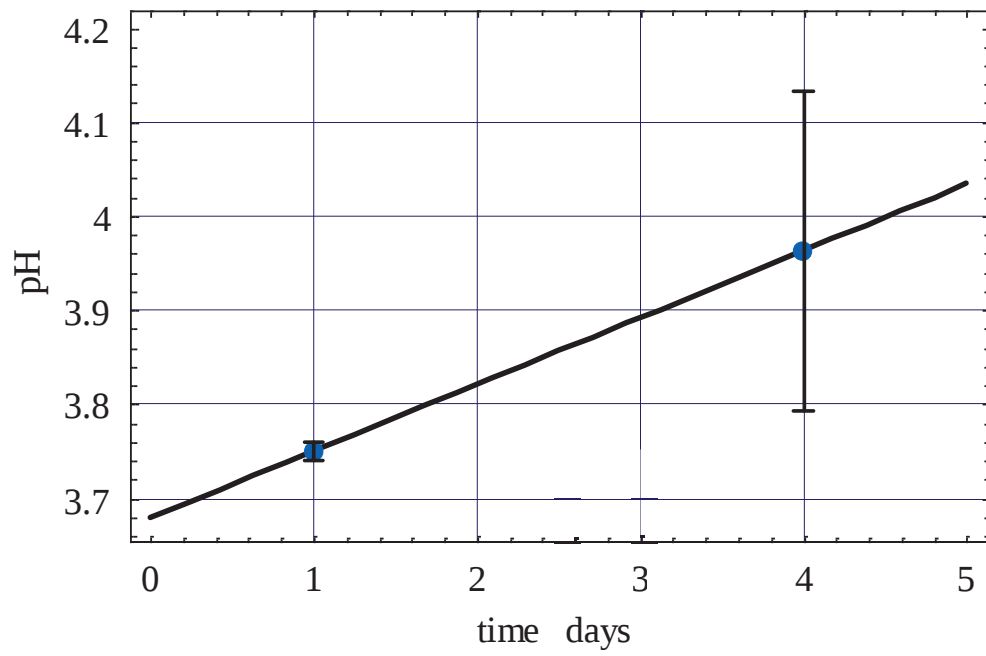
Villahermosa-Tab. (L8A4)



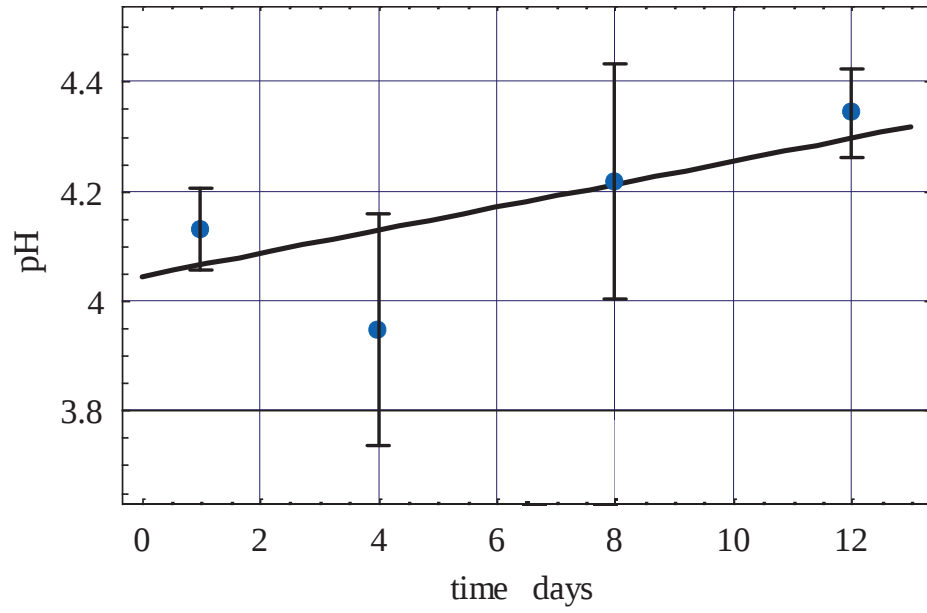
Villahermosa-Tab. (L8A2)



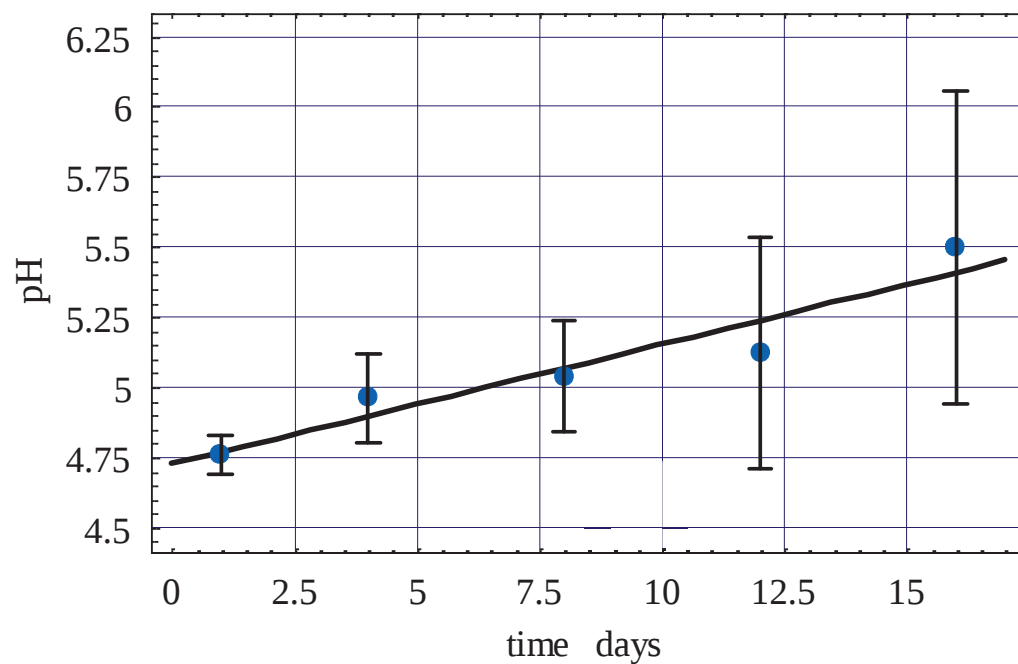
Segregante Tailandés (L1A1)



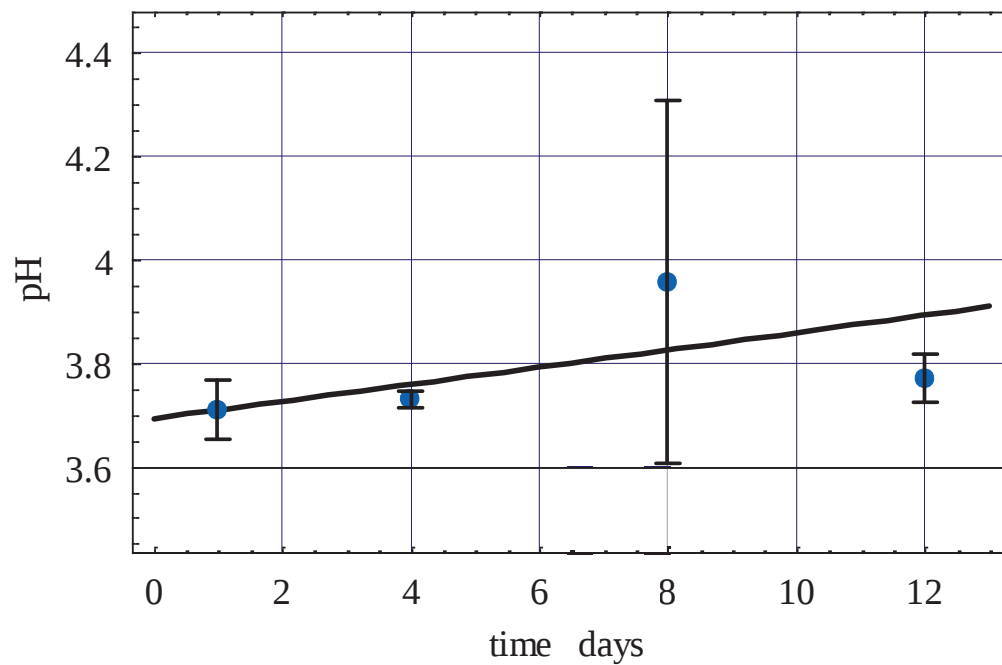
Pénjamo, Gto. (L9A13)



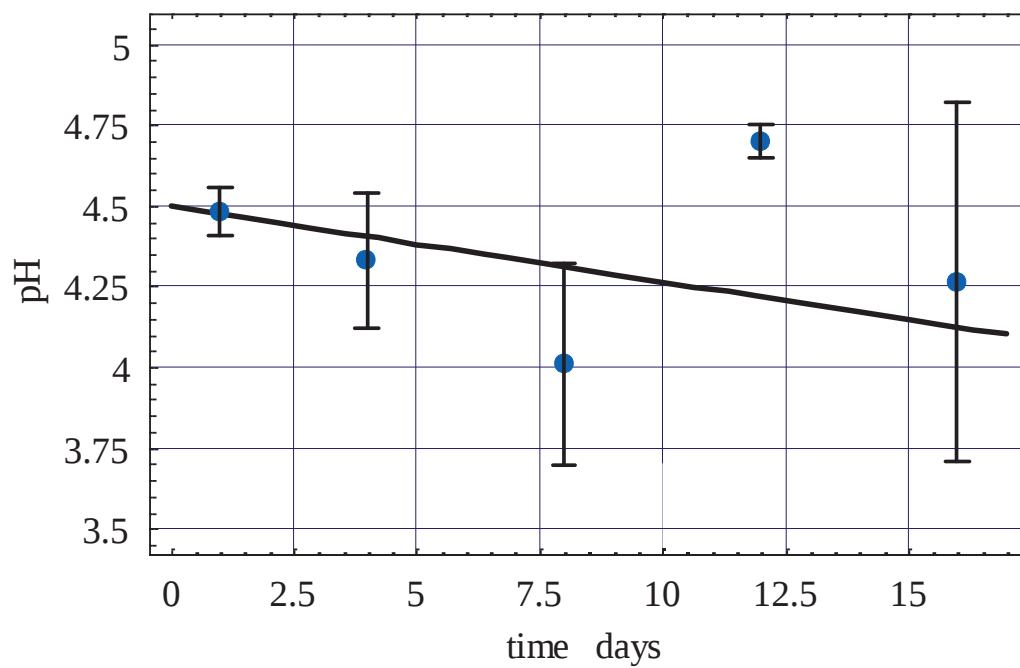
Santiago-Nay. (L8A12)



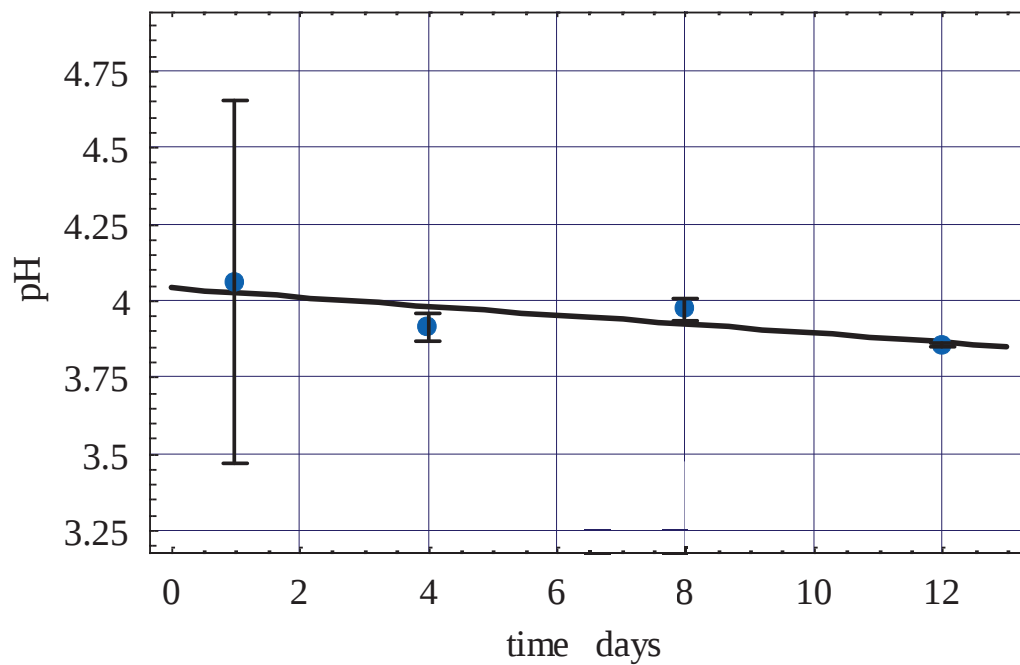
C-146 Tec-Col. (L11A17)



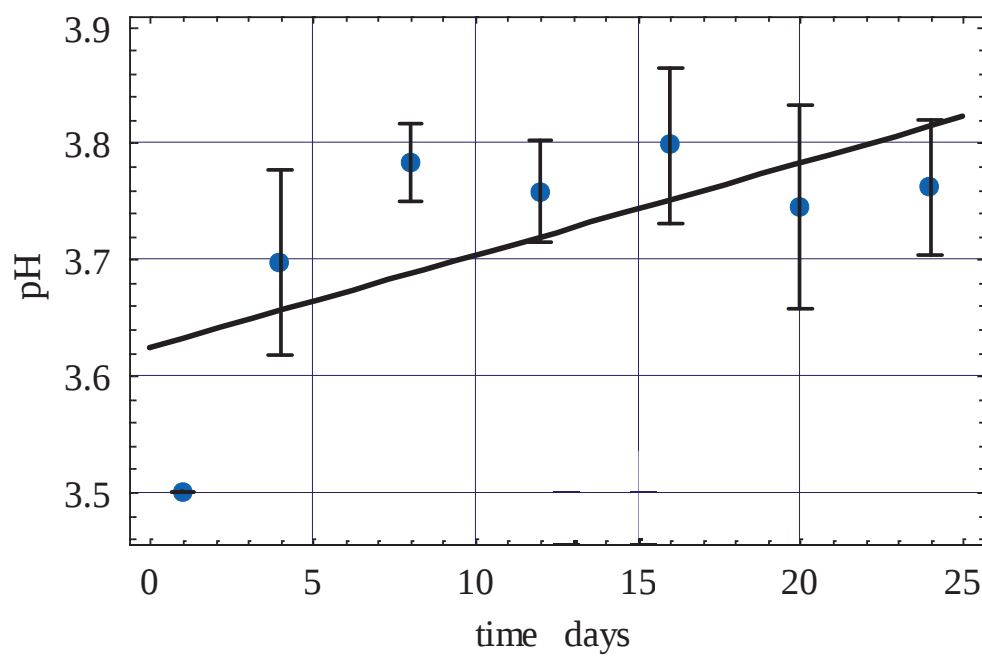
SnJNuevo-Mich (L10A22)



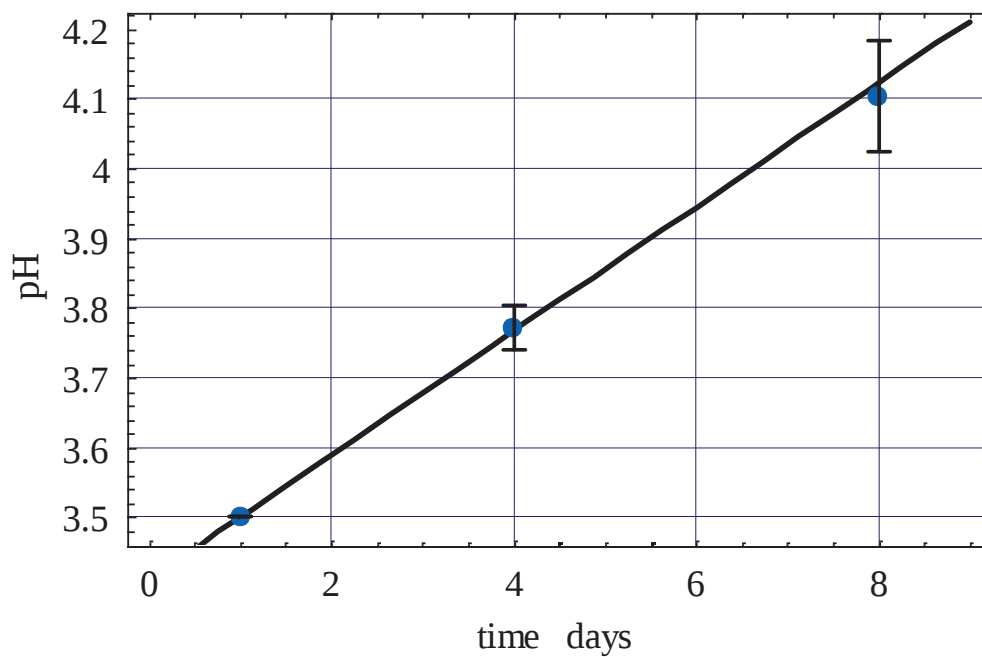
C-58 BJ-Mich. (L3A3)



Hib-56x46 (L12A2)

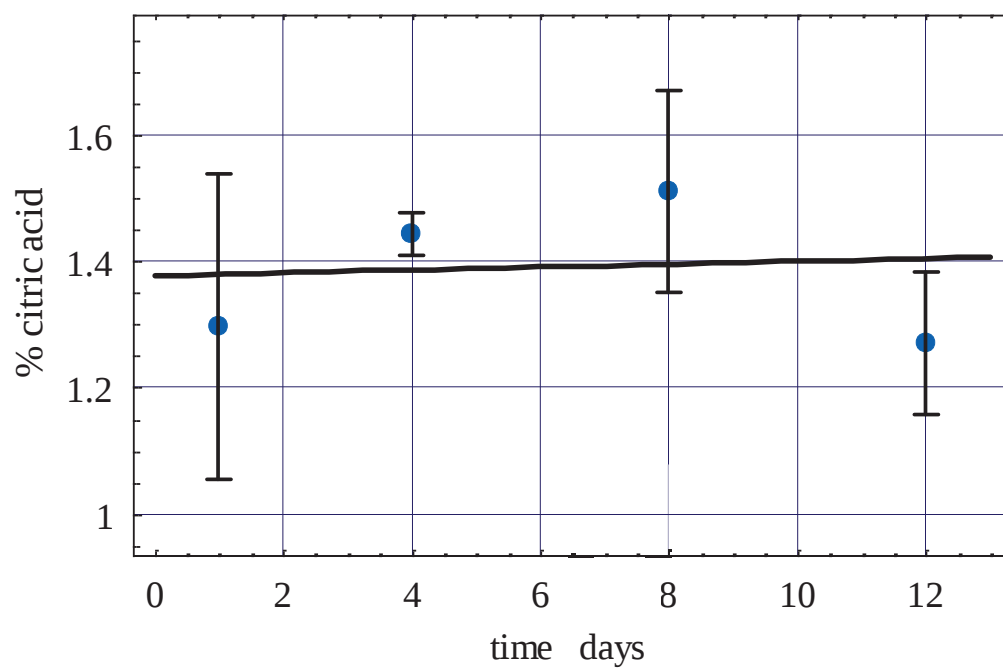


C-120 R-Nay. (L3A10)

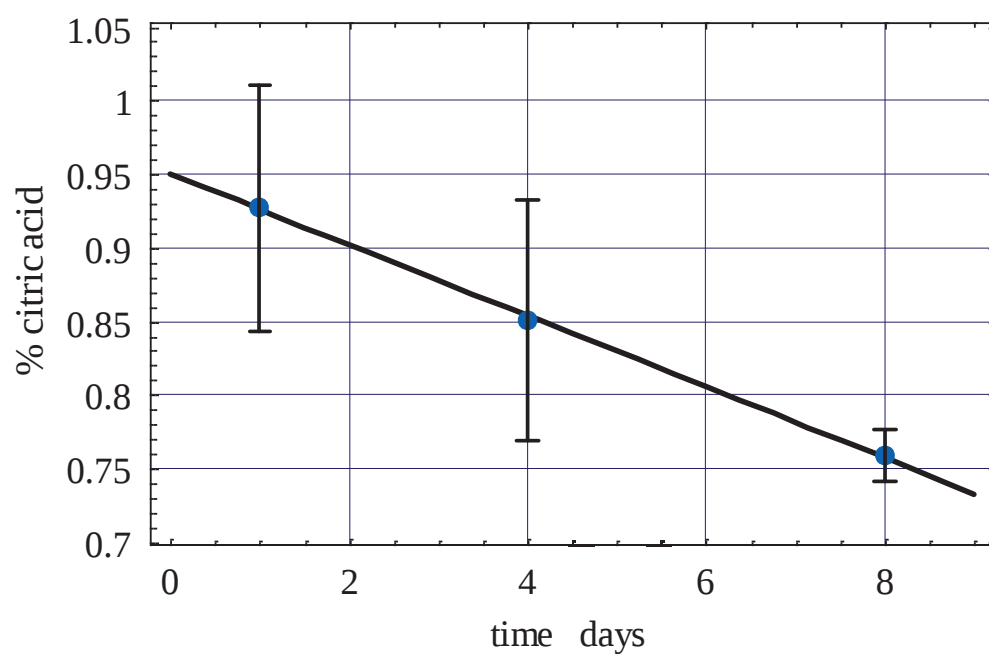


2.3. VARIACIÓN DE % ACIDEZ/DÍA DE ALMACENAMIENTO

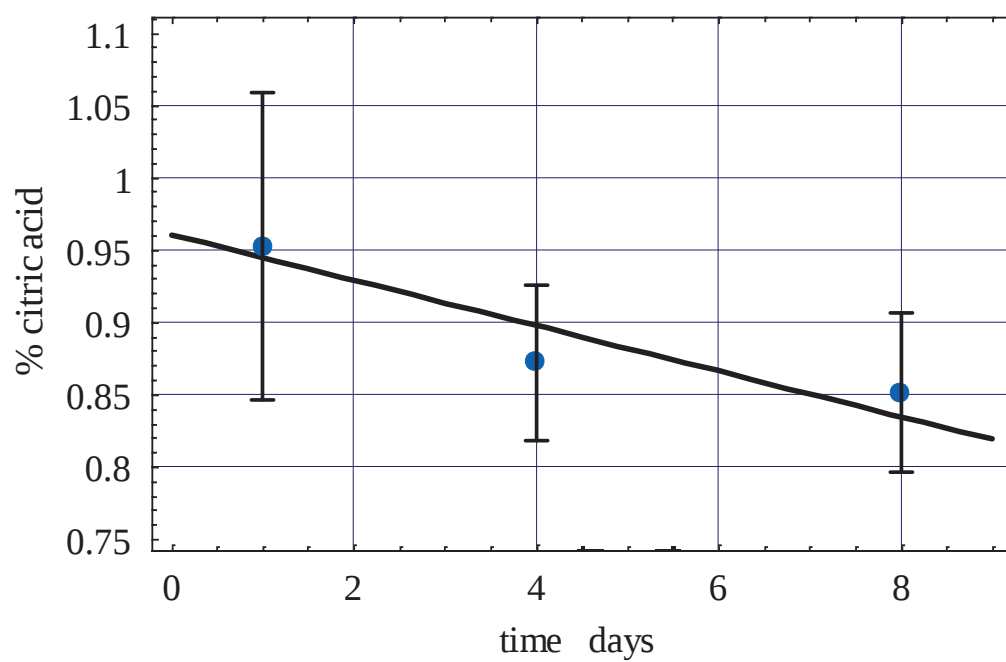
1.- Segregante Tailandés (L4A14)



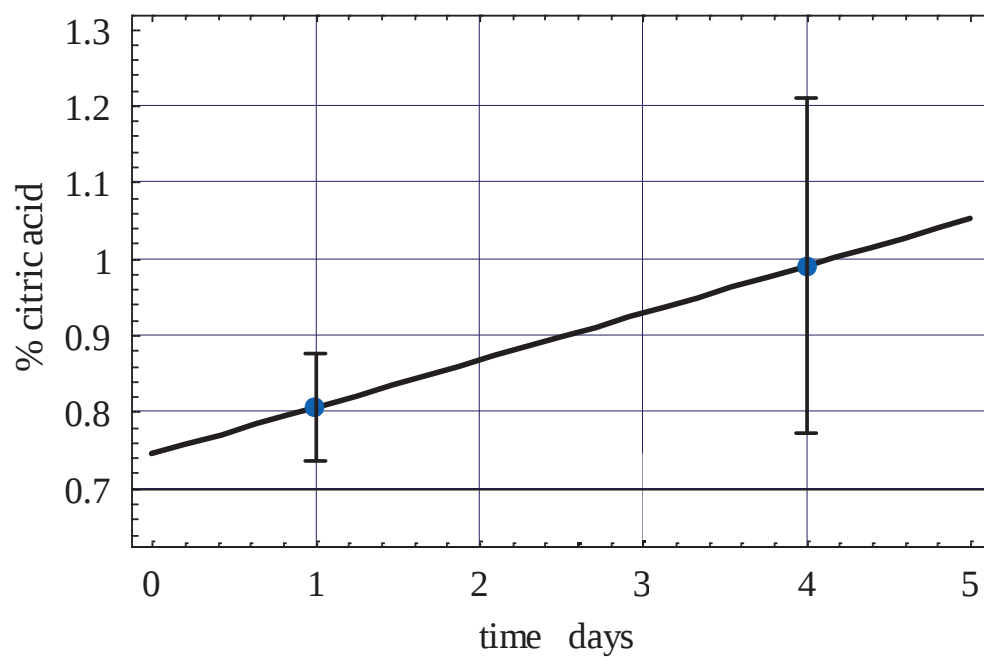
2.- Villahermosa-Tab. (L8A4)



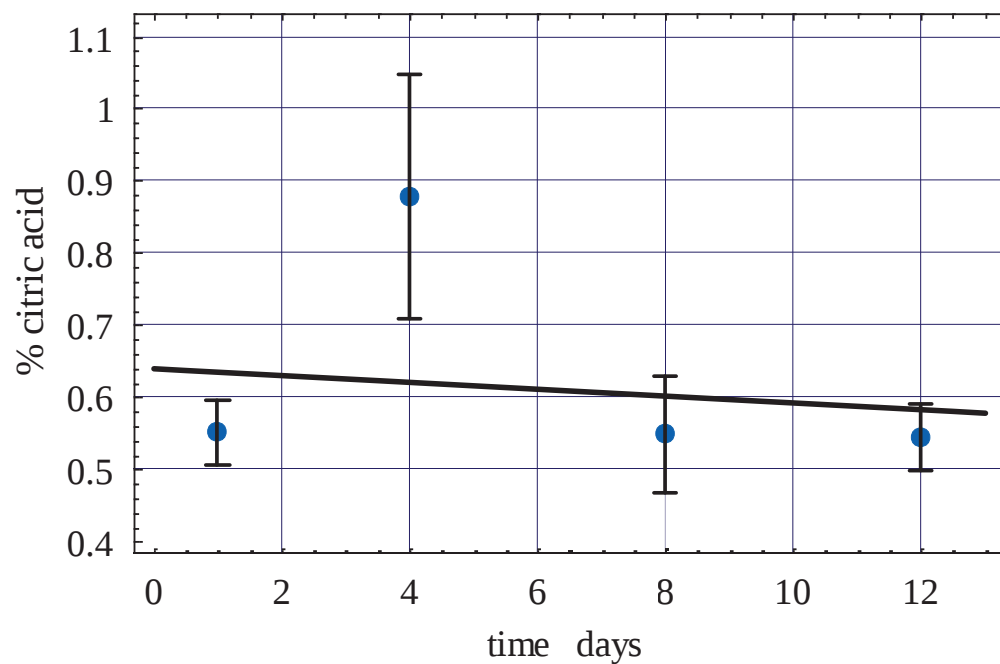
3.- Villahermosa-Tab. (L8A2)



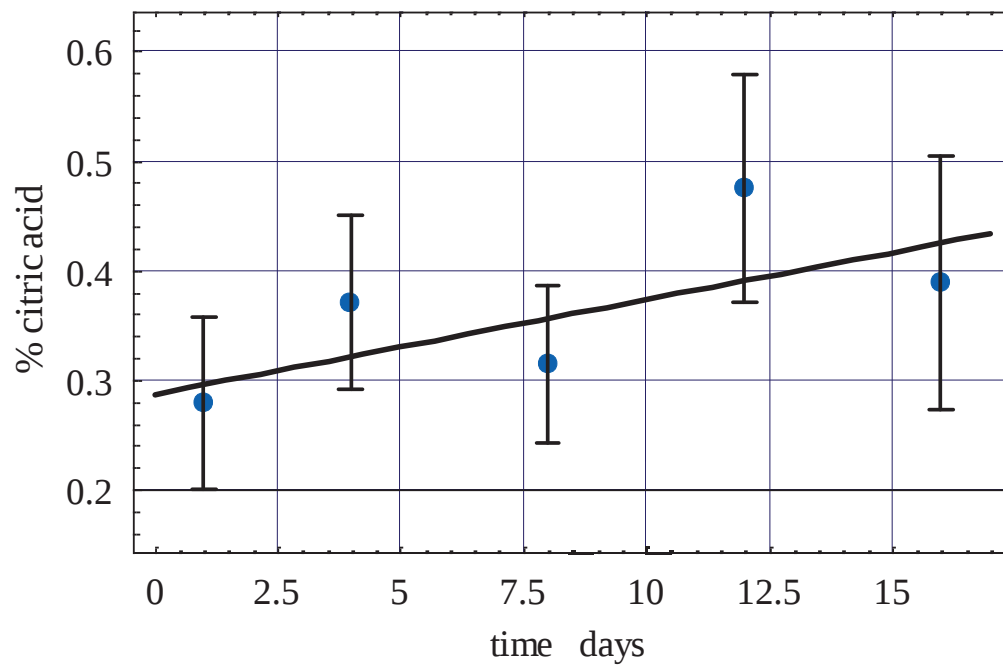
4.- Segregante Tailandés (L1A1)



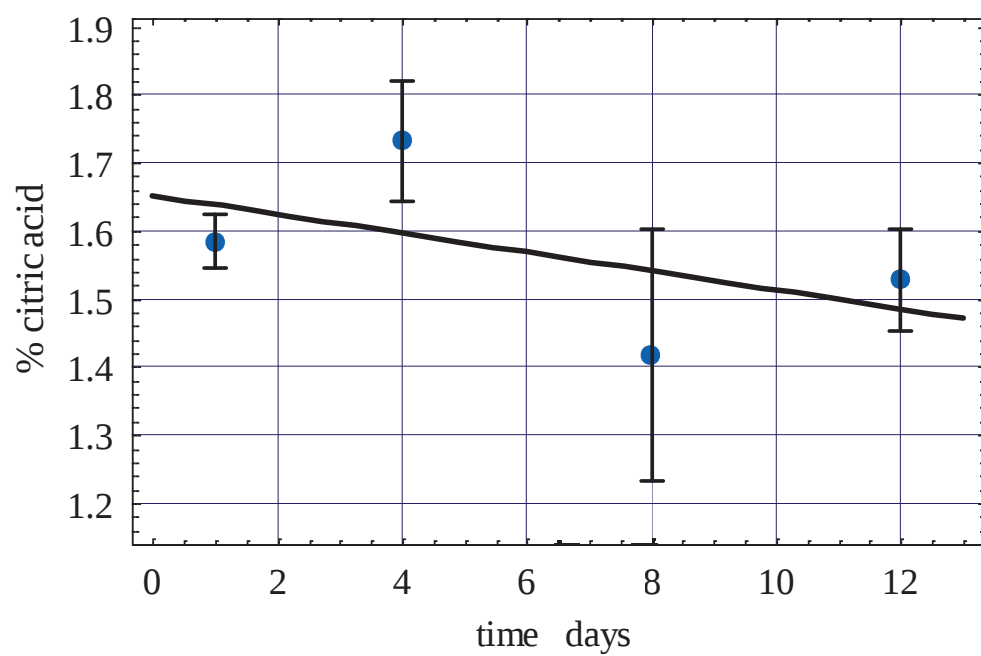
5.- Pénjamo, Gto. (L9A13)



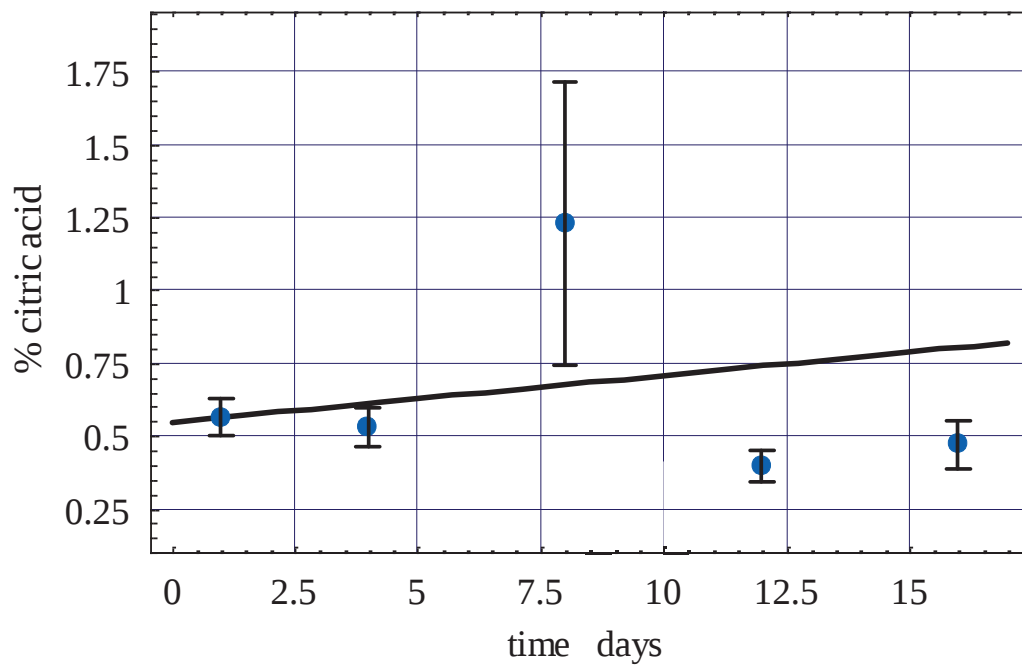
6.- Santiago-Nay. (L8A12)



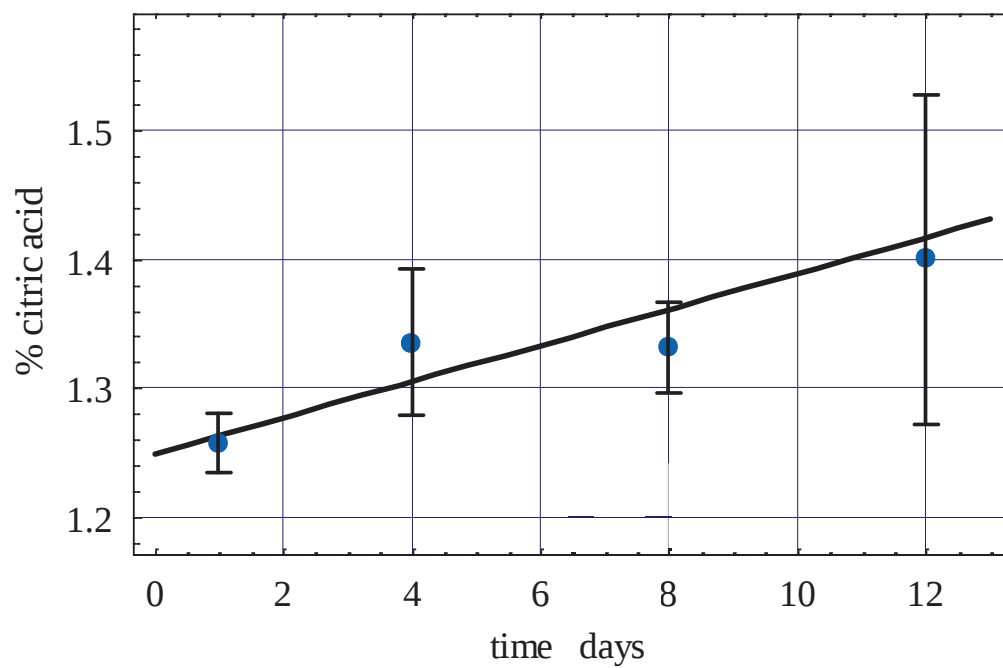
7.- C-146 Tec-Col. (L11A17)



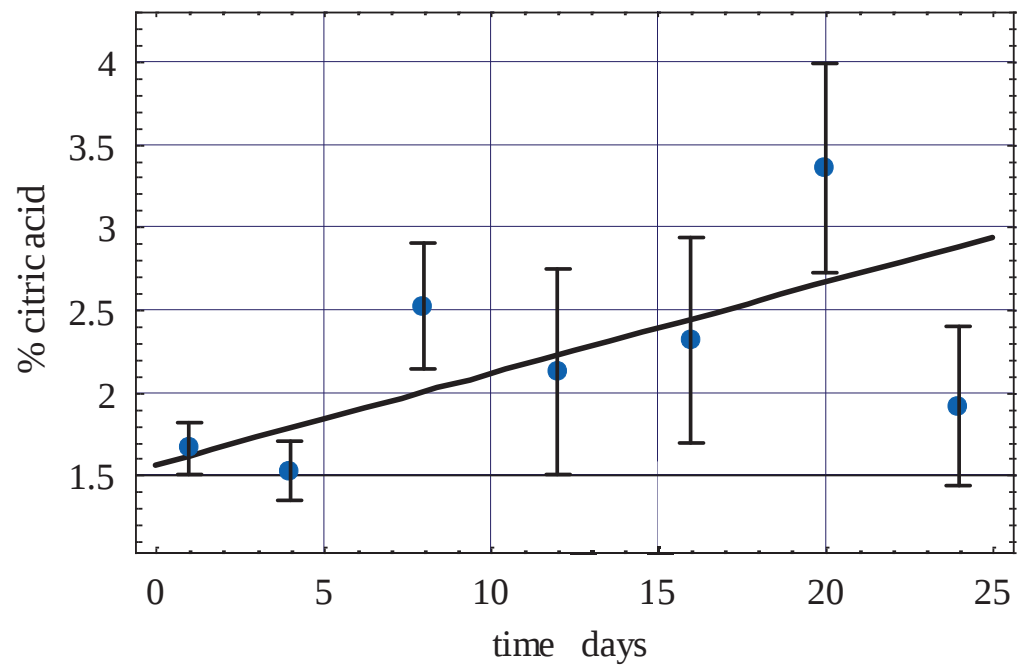
8.- SnJNuevo-Mich (L10A22)



9.- C-58 BJ-Mich. (L3A3)



10.- Hib-56x46 (L12A2)



11.- C-120 R-Nay. (L3A10)

