

EVALUACIÓN DEL CICLO FENOLÓGICO Y CARACTERIZACIÓN DE
FRUTOS DE TRES MATERIALES DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.) EN
TRES ZONAS DE LA PROVINCIA DE VÉLEZ (SANTANDER)

RUBÉN DARÍO JURADO BASTIDAS

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
PROGRAMA DE BIOLOGIA
SAN JUAN DE PASTO
2012

EVALUACIÓN DEL CICLO FENOLÓGICO Y CARACTERIZACIÓN DE
FRUTOS DE TRES MATERIALES DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.) EN
TRES ZONAS DE LA PROVINCIA DE VÉLEZ (SANTANDER)

RUBÉN DARÍO JURADO BASTIDAS

Directora

MARÍA ELENA SOLARTE CRUZ
M. sC en Ciencias Biológicas
Universidad Nacional de Colombia
Docente Programa de Biología
Universidad de Nariño

Directora Asociada

LUZ MARINA MELGAREJO MUÑOZ
Dr. sC. en Ciencias Biológicas
Docente Asociada Departamento de
Biología Universidad Nacional de
Colombia

Propuesta de trabajo de grado enmarcado dentro del proyecto
“Caracterización ecofisiológica de guayaba por función de uso”
Ejecutado por el Departamento de Biología de la Universidad Nacional de
Colombia. Financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-
MADR y ASOHOFrucol

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
PROGRAMA DE BIOLOGIA
SAN JUAN DE PASTO
2012

Las ideas y conclusiones en el trabajo de grado, son responsabilidad exclusiva de los autores.

(Artículo 1 del acuerdo 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño)

Nota de aceptación:

MARIA SOLEDAD HERNANDEZ GÓMEZ
Jurado Evaluador

OLGA LUCIA GUZMAN NOGUERA
Jurado Evaluador

MARÍA ELENA SOLARTE CRUZ
Directora

LUZ MARINA MELGAREJO MUÑOZ
Directora Asociada

A mi familia.

Es la cuna donde he nacido y crecido, las manos que me han forjado.

Los seres que del bien y del mal, me han diferenciado.

No hay palabras ni gestos para devolver la sublime obra que representan.

Gerardo y Miryam

Han sido mi fuente de inspiración desde niño.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a las personas que hicieron posible el desarrollo de mi proyecto de grado.

A mis Padres, Gerardo Antonio Jurado y Miryam Doralba Bastidas, quienes son el mejor ejemplo que alguien puede tener.

A la profesora MsC. María Elena Solarte Cruz, directora de mi proyecto, maestra y amiga, por darme la oportunidad de conocer algo nuevo, abrir mis ojos, presentarme la fisiología vegetal, además su gran apoyo y sobre todo por la infinita paciencia que me ha tenido. Sin olvidar a su maravillosa familia.

A la profesora Doctora Luz Marina Melgarejo, co-directora de mi proyecto, por permitirme conocer un lugar diferente, ser parte de su grupo de investigación y su gran paciencia.

A la Doctora Martha Sofía Gonzales Insuasty, por sus consejos e intervención.

Al programa de Biología de la Universidad de Nariño, Por la formación académica recibida a lo largo de estos años, siendo el lugar donde la investigación se convirtió en parte de mi vida.

A la Universidad Nacional y al proyecto “Caracterización ecofisiológica de guayaba por función de uso” ejecutado por el Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia. Financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural- MADR y ASOHOFrucol” por permitirme hacer este trabajo de grado.

A la profesora Luz Estela Lagos, que me permitió y aconsejó ser parte de esta investigación.

A La doctora María Soledad Hernández y a Olga Lucía Guzmán, jurados evaluadoras, por sus observaciones y recomendaciones para este documento.

Al señor Eugenio Koop, del laboratorio CORPOICA-CIMPA por su gran colaboración y sugerencias durante el trabajo en laboratorios. A todo el personal de esta institución.

Al señor Carlos Humberto Pinzón, gerente y propietario del Hotel Portales del Country de Barbosa (S), por hacerme sentir como en casa

La familia Gómez Fino de Puente Nacional (S) por acogerme como alguien de su familia, tratarme como hijo adoptivo y que hicieron de esto una temporada tan agradable.

A mis hermanas Natha, Stefa y Dani, por el gran cariño y por los momentos que siempre hemos compartido buenos y malos. A mis sobrinitos Stiven y Luisito, que llenan de alegría cada momento.

Agradecimiento con cariño a Julie Pauline Bastidas, quien ha estado junto a mí en los buenos y malos momentos, por sus muy buenos consejos y apoyo en mi formación profesional y personal.

Para mis compañeritas Anita Estrada, Yulieth Castillo, Yuri Rosero, Julie Benavides, María Fernanda Mideros y compañeros Elkin Noguera, Luis Lasso, Alejandro Mendoza y Daniel Bravo, por aportar en mi formación profesional, por que pasamos muchas cosas juntos y sobre todo por su amistad.

A todas las personas que pueda olvidar en este momento y que contribuyeron para culminar esta etapa de mi vida académica.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	14
1. OBJETIVOS.....	15
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE <i>Psidium guajava</i> L.....	16
2.2.1 Variedades y Materiales de Guayaba.....	17
2.2 CONDICIONES AMBIENTALES PARA LA PRODUCCION DE GUAYABA.....	18
2.3 CARACTERISTICAS NUTRICIONALES.....	18
2.4 BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA GUAYABA.....	19
2.4.1 Fenología.....	19
2.4.2 Crecimiento y maduración de frutos.....	22
3. METODOLOGÍA.....	24
3.1 AREA DE ESTUDIO	24
3.1.1 Descripción de la zona.....	24
3.1.2 Material vegetal utilizado	25
3. 2 TRABAJO DE CAMPO.....	26
3.2.1 Evaluación de ciclo fenológico	27
3.2.2 Seguimiento del desarrollo y crecimiento del fruto.....	27
3.3 TRABAJO DE LABORATORIO.....	28
3.3.1 Análisis fisicoquímico.....	28
3.3.1.1 Medición de pH (A.O.A.C. 10.041/84).....	28
3.3.1.2 Acidez Titulable (A.O.A.C. 31.231/84, 942.15/90. Adaptado).....	28
3.3.1.3 Sólidos solubles totales (A.O.A.C. 22.024/84, 932.12/90Adaptado).....	29
3.3.1.4 Porcentaje de Humedad (A.O.A.C. 7.003/84, 930.15/90 Adaptado).....	29
3.3.1.5 Porcentaje de Cenizas.....	29

3.3.1.6 Firmeza.....	29
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	29
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1 FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LAS MATERIALES DE GUAYABA EN LA ZONA DE LA PROVINCIA DE VÉLEZ – SANTANDER.....	31
4.1.1 Distribución temporal de los eventos fenológicos de guayaba localidad de Barbosa.....	32
4.1.2 Distribución temporal de los eventos fenológicos de guayaba localidad de Puente Nacional.....	34
4.1.3 Distribución temporal de los eventos fenológicos de guayaba localidad de Vélez.....	36
4.1.4 Correlación clima frente a fenología.....	38
4.1.5 Aborto floral.....	44
4. 2. ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL FRUTO EN TRES MATERIALES PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	46
4.3 EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LOS FRUTOS DE GUAYABA DURANTE LA MADURACIÓN.....	56
4.3.1 Análisis de componentes principales (PCA).....	59
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES.....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	66

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Disposición de hojas y flores en la planta de guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.) Fuente: Árboles de Centroamérica. OFI - Catie (2001).....	17
Figura 2. Tipos de Curva de crecimiento, a) doble sigmoidea, b) sigmoidea simple.....	22
Figura 3. Cuadro Sinóptico de la Metodología aplicada.....	27
Figura 4. A) Marcaje de flores en antesis. B) Frutos marcados.....	28
Figura 5. Fenología reproductiva de guayaba. a) Yemas, b) Flor abierta, c) Flor seca, d) fruto cuajado, e) Fruto pintón, f) Fruto maduro.....	31
Figura 6. Distribución temporal de los estados fenológicos de guayaba en la localidad de Barbosa.....	33
Figura 7. Distribución temporal de los estados fenológicos de guayaba en la localidad de Puente Nacional.....	35
Figura 8. Distribución temporal de los estados fenológicos de guayaba en la localidad de Vélez.....	37
Figura 9. Cambios en tamaño y coloración. Material regional rojo. Puente Nacional.....	46
Figura 10. Variación de diámetro longitudinal (mm) respecto a la edad del fruto de <i>Psidium guajava</i> (Guayaba).....	47
Figura 11. Variación de diámetro ecuatorial (mm) respecto a la edad del fruto de <i>Psidium guajava</i> (Guayaba).....	49
Figura 12. Variación de peso fresco (gr) respecto a la edad del fruto de <i>Psidium guajava</i> (Guayaba).....	50
Figura 13. Variación de diámetro (mm) respecto a la edad del fruto de <i>Psidium guajava</i> (Guayaba).....	52
Figura 14. Variación de diámetro (mm) respecto a la edad del fruto de <i>Psidium guajava</i> (Guayaba).....	53
Figura 15. Variación de peso (gr) respecto a la edad del fruto de <i>Psidium guajava</i> (Guayaba).....	55
Figura 16. Análisis de componentes principales frutos de guayaba....	59

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Contenido Nutricional de la Guayaba.....	19
Tabla 2. Ubicación Fincas por Municipio.....	26
Tabla 3. Análisis fisicoquímicos para frutos.....	28
Tabla 4. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Regional Roja. Xlstat 2009 y Statistix 2008.....	39
Tabla 5. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Regional Blanca. Xlstat 2009 y Statistix 2008.....	39
Tabla 6. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Guavatá Victoria. Xlstat 2009 y Statistix 2008.....	40
Tabla 7. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Regional Roja. Xlstat 2009 y Statistix 2008 y Statistix 2008.....	41
Tabla 8. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Regional Blanca. Xlstat 2009 y Statistix 2008.....	41
Tabla 9. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Guavatá victoria. Xlstat 2009 y Statistix 2008.....	42
Tabla 10. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Regional Roja. Xlstat 2009 y Statistix 2008.....	42
Tabla 11. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Regional Blanca. Xlstat 2009 y Statistix 2008.....	43
Tabla 12. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Guavatá victoria. Xlstat 2009 y Statistix 2008.....	43
Tabla 13. Aborto de frutos en la provincia de Vélez.....	45
Tabla 14. Valores estadísticos de modelos de crecimiento variables de diámetro longitudinal, ecuatorial y peso fresco frente a edad del fruto.....	48
Tabla 15. Valores estadísticos de modelos de crecimiento variables de diámetro longitudinal, ecuatorial y peso fresco frente a edad del fruto.....	54
Tabla 16. Promedio de pesos en estado maduro para los tres materiales evaluados.....	56
Tabla 17. Análisis fisicoquímico de frutos. Cultivares presentes en la provincia de Vélez (Santander).....	57

LISTA DE MAPAS

	Pág.
Mapa 1. Mapa Provincia de Santander.....	24

RESUMEN

La guayaba *Psidium guajava* L., es un frutal comestible de la familia Myrtaceae. Con tres materiales de guayaba que se cultivan comercialmente en la zona y que son objeto de este estudio. Debido a la escasa información sobre las relaciones fenológicas de estos materiales (guavatá victoria; regional roja y blanca), es necesario generar nuevo conocimiento acerca de los periodos de floración y las fases de desarrollo de los frutos, además de evaluar las características de frutos, para contribuir a mejorar el manejo pre y postcosecha de guayaba en la Provincia de Vélez (Santander).

La evaluación muestra que la fenología floral de guayaba, varía de acuerdo al material y depende de variables climáticas y la altitud. Se obtuvieron valores de aborto floral, encontrándose que fue más crítico (55%-75%) durante las fenofases de formación de yemas a fruto cuajado, que en las de fruto verde a fruto maduro (entre 3%-40%). Lo anterior puede estar relacionado con aborto fisiológico, niveles bajos de nutrientes del suelo, ataque de patógenos y plagas del fruto. La dinámica de crecimiento sigue un esquema general sigmoide simple, donde se observa crecimiento lento hasta 45 días, de aquí y hasta los 120 días la curva es más pronunciada con acumulación rápida de biomasa, desde 120 hasta los 150 días la curva disminuye la pendiente, indicando bajo crecimiento y el inicio de la maduración de frutos. Las características fisicoquímicas de los frutos muestran a acidez titulable como componente principal (PCA1), los frutos en madurez fisiológica poseen mayor acidez que los frutos en madurez organoléptica; el (PCA2) es la variable de grados Brix. Existe relación entre el pH y la firmeza, a medida que los frutos maduran, aumenta el pH, pero disminuye la firmeza debido al incremento de degradación de las sustancias celulósicas pécticas y por ende ablandamiento del fruto.

Palabras clave: Fenología, Guayaba, Crecimiento, Fruto, Cambios Fisicoquímicos, Provincia de Vélez, Barbosa, Puente Nacional, Vélez

ABSTRACT

Psidium guajava L., is an edible fruit from the family Myrtaceae; and represent the commercial materials of guava which are part of this study. Due to the poor information about the phenological relations of these materials (guavatá victoria; regional red and regional white), it is necessary to produce new knowledge about the flowering periods and fruit development stages, besides the review of the characteristics of the fruit, to contribute to improve pre and post harvest handling of guava in the province of Vélez (Santander). The evaluation shows that the floral phenology of guava, varies according to the material and depends on climatic variables and altitude. Values of floral abortion were found, showing that during the phenophases of fruit bud formation to fruit set it was more critical (55% -75%) than the ones from green to mature fruit (3% -40%), these may be related to physiological abortion, low soil nutrients, pathogens and pests that attack the fruit. The dynamics of growth generally follows a single sigmoid curve, where the slow growth is observed even until 45 days, from 45 to 120 days the curve becomes steeper with a rapid accumulation of biomass, from 120 to 150 days the slope of the curve decreases indicating low growth and the start of fruit ripening. The physicochemical characteristics of fruits show which percentage of acidity is the Principal component (PCA1), fruits with physiological maturity have higher acidity than the ones with organoleptic maturity, the (PCA2) is the variable of Brix degrees. There is a relation between pH and firmness, as the fruits ripe, the pH increases, but the firmness decreases due to increased degradation of cellulosic-pectic substances and therefore fruit softening.

Key words: Phenology, Goiaba, Growth, Fruit, Physicochemical changes, Provincia de Vélez, barbosa, Puente Nacional, Vélez

INTRODUCCIÓN

La guayaba pertenece al género *Psidium* de la familia Myrtaceae, comprende 233 especies, cinco de las cuales se utilizan como frutales comestibles, entre ellas *Psidium guajava* L, a la cual pertenecen los cultivares de guayaba que se cultivan comercialmente y que son objeto de este estudio. El cultivo de la guayaba juega un papel importante en el departamento de Santander donde se registra el 54% del total cultivado en Colombia y donde la industria de productos derivados de este frutal alcanza los 24 millones de dólares (Corpoica – Cimpa. 2007).

A pesar de su importancia socioeconómica, el cultivo de guayaba y su agroindustria presentan un retraso significativo, que se hace evidente en los bajos rendimientos, altos costos de producción, inestabilidad de la oferta y precios de la fruta, así como de sus productos procesados. A esto se suma la deficiencia en la calidad del fruto en las diferentes variedades y materiales que se encuentran en el departamento de Santander (Ocampo, *et al.* 2007).

Si bien los frutos cosechados se usan para la producción industrial o para consumo directo, el desconocimiento en cuanto a los procesos fenológicos de la planta y la evolución del fruto, impide que muchos de esos productos lleguen a manos de los consumidores, debido a que los cultivadores no aplican conceptos básicos de fruticultura que tengan en cuenta el diseño del cultivo, las densidades de siembra, el manejo de patógenos, la cosecha y postcosecha, en consecuencia se tiene baja calidad perdida de frutos (Corpoica – Cimpa. 2007).

Debido a la escasa información sobre las relaciones fenológicas de los materiales de guayaba, es necesario generar nuevo conocimiento acerca de los periodos de floración y las fases de desarrollo de los frutos, con el fin de tener claro el mejor lapso para la siembra, abonado y cosecha, además conocer las características de los frutos para contribuir a mejorar el manejo pre y postcosecha de la guayaba en la Provincia de Vélez, Departamento de Santander.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el ciclo fenológico, el crecimiento y características fisicoquímicas de los frutos en tres materiales de guayaba de tres zonas de la provincia de Vélez (Santander) a lo largo de siete meses durante la época de cosecha de mitad de año

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar la fenología reproductiva de tres materiales de guayaba en tres zonas de la provincia de Vélez (Barbosa, Puente Nacional y Vélez) a lo largo de siete meses durante el periodo de producción.
- Analizar el crecimiento y desarrollo del fruto en tres materiales presentes en la zona de estudio.
- Evaluar las características fisicoquímicas de los frutos de tres materiales de guayaba presentes en la zona de la provincia de Vélez-Santander.

2. MARCO TEÓRICO

La guayaba (*Psidium guajava* L.) es una fruta originaria de América Tropical que se encuentra de forma silvestre o cultivada y es muy apreciada por sus bondades nutricionales, bajo precio y agradable sabor. Se cree que esta planta es nativa del sur de México o de Centroamérica y su centro de dispersión llega hasta el Brasil, encontrándose la especie en cincuenta países del trópico y subtropico (Lozano, 2005; Salazar, 2006).

En Colombia, la guayaba se produce de manera silvestre en diversos ecosistemas desde el nivel del mar hasta los 1900 metros de altitud. La producción de este frutal se concentra principalmente en los departamentos de Santander, Boyacá, Tolima, Cundinamarca, Huila, Antioquia, Cauca, Nariño y Atlántico (Rodríguez, *et al.* 2005).

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE *Psidium guajava* L.

La guayaba es una planta perteneciente a la familia Myrtaceae y al género *Psidium*, el cual consta de cerca de 150 especies y muchas se han estudiado para mejorar la calidad y aumentar la productividad. La planta de *Psidium guajava* posee una raíz pivotante que puede llegar a 5 metros de profundidad; las raíces secundarias son fuertes y le dan un buen anclaje (Munevar, 2000).

Dependiendo de la variedad, los árboles pueden alcanzar un porte bajo o llegar hasta árboles los 12 metros de altura. El tallo presenta una corteza de color variable, principalmente rojizo, que se cae en tiras dejando al descubierto la corteza interior. Las plantas de guayaba tienen hojas opuestas (Figura 1), de 7 a 20 cm de largo, con nervaduras prominentes y diminutos puntos glandulares por el envés. Cuando las hojas son jóvenes pueden ser algo pubescentes (Torres, 2002; Murillo 2004).

Por su parte, las flores son bisexuales de coloración blanca, de 2-3 cm de diámetro que se encuentran agrupadas en la axila de la hoja. Si bien las flores de guayaba tienen la capacidad de autopolinización, la polinización cruzada produce mayores cosechas (Cordero, 2004).



Figura 1. Disposición de hojas y flores en la planta de guayaba (*Psidium guajava* L.) Fuente: Árboles de Centroamérica. OFI - Catie (2001)

El fruto es de tipo baya y puede pesar entre 25 a 300 gramos, presentando una forma globosa, periforme (guayaba pera) u ovoide con surcos longitudinales, de 5 a 10 cm de largo (longitudinal) y de 5 a 7 cm ancho (ecuatorial). El color de la fruta puede variar de verde a amarillo en su exterior al madurar; (Córdoba, 1985) y el color de su pulpa dependiendo de la variedad y puede darse un color blanco amarillento, rosado o rojo. Su sabor es dulce y en algunas variedades un poco ácido. El árbol de guayaba inicia la fase productiva a partir del tercer año y su vida útil en ocasiones puede sobrepasar de los 40 años (Cordero, 2004).

2.2.1 Variedades y Materiales de Guayaba.

En Colombia existen muy pocas variedades de guayaba, actualmente se encuentran registradas como variedades Palmira ICA 1 e ICA ROJA 2, además de variedades conocidas como: guayaba pera, guayaba manzana, guayaba Atlántico y guayaba coronilla. Pero a nivel local existe una gran diversidad de materiales locales o regionales. Es el caso de los materiales Regional roja, Regional blanca, Guavatá Victoria y Ráquira Blanca presentes en la zona de la provincia de Vélez, Santander (Corpoica – Cimpa. 2007; Munevar, 2000).

Según Munevar (2000) los diferentes materiales de guayaba poseen características muy similares entre sí, que dificultan la diferenciación una de otra, sin embargo, a nivel del fruto poseen características diferenciables en

campo, como la coloración de la pulpa que va desde blanca amarillenta hasta rosada o roja. Con sabor dulce y en algunas especies o materiales un poco ácidas. Para este estudio se utilizó los materiales:

- ∅ Regional Roja: Material autóctono de la zona, la característica de la coloración roja o rosada de la pulpa es la más sobresaliente a primera vista. Su sabor es ácido principalmente y es la más usada en la agroindustria.
- ∅ Regional Blanca: Material autóctono de la zona, presenta pulpa de coloración blanca amarillenta. Su sabor es principalmente dulce tal como la mayoría de las variedades blancas del país.
- ∅ Guavatá victoria: Material introducida a la zona, proveniente de la población de Guavatá (Santander) su característica en cuanto a la pulpa es de coloración blanca y de mayor tamaño en comparación a las otras variedades. Además de su sabor dulce (Farfán. *et al*, 2006; Monroy. *et al*, 2006).

2.2 CONDICIONES AMBIENTALES PARA LA PRODUCCION DE GUAYABA

El trabajo de Munevar (2000) describe que el clima óptimo para la producción de guayaba está comprendido entre los 24 a 28°C, con una precipitación pluvial de 1599 hasta 3000 mm anuales; sin embargo, se desarrolla bien y da frutos de excelente calidad en regiones de clima templado con temperaturas promedio de 22°C. En Colombia corresponde a las zonas en donde más desarrollo ha tenido esta especie o por lo menos donde se encuentran las principales plantaciones.

En general, la guayaba requiere plena exposición solar y prefiere sitios con estaciones secas bien definidas, ya que en sitios donde llueve a lo largo de todo el año se ve más afectada por enfermedades, además es susceptible a las heladas. Se adapta a una gama amplia de suelos, desde arenosos hasta arcillosos compactos e infértiles, aunque los prefiere sueltos, fértiles, ricos en materia orgánica y crece bien en suelos con pH de 5.5 a 6.0 (Cordero, 2005).

2.3 CARACTERISTICAS NUTRICIONALES

La importancia nutricional de la guayaba se basa en un alto contenido de vitamina A y C, minerales como fósforo, calcio y proteínas (Tabla 1). La guayaba contribuye a disminuir riesgos de enfermedades cardiovasculares y ayuda a disminuir los niveles de colesterol y excesos de grasa contenidos en la sangre (Arenas. *et al*, 1995). La guayaba posee pectina la cual actúa en el organismo, del consumidor, como un elemento estabilizador de las grasas dentro del torrente sanguíneo (García, 1999).

Tabla 1. Contenido Nutricional de la Guayaba

CONTENIDO	GUAYABA
Agua (gr)	86,6
Proteínas (gr)	0.9
Grasas (gr)	0.1
Carbohidratos(gr)	9.5
Fibra (gr)	2.8
Cenizas (gr)	0.7
Calcio (gr)	15.0 – 17.0
Fosforo (mg)	22.0 – 30.0
Hierro (mg)	0.6 – 0.7
Tiamina (mg)	0.03 – 0.05
Riboflavina (mg)	0.03 – 0.05
Niacina (mg)	0.6
Ácido Ascórbico (UI)	200.0 - 240.0
Vitamina A (UI)	400.0
Calorías (mg)	36.0

Fuente: Tabla de composición de alimentos Colombianos (ICBF, 1996)

2.4 BIOLOGIA REPRODUCTIVA DE LA GUAYABA

2.4.1 Fenología.

La fenología según Proença (1994) se define como el conjunto de eventos periódicos implicados en el ciclo de vida de la planta, cada evento se conoce como “estado fenológico”, De acuerdo a Larcher, (2000) la fenología se describe con base a las observaciones de inicio y finalización de las etapas del desarrollo externamente visibles, denominadas fenofases. El tiempo de inicio y el tiempo duración de cada etapa de desarrollo varían dependiendo del genotipo, las condiciones suelo, clima y manejo del cultivo, además Lopes, (2008) en su trabajo sobre la fenología de la variedad de guayaba “Paluma” en Brasil explica que el conocimiento de la fenología de la planta es esencial para la adopción de prácticas agrícolas adecuadas y programación de las acciones del productor.

Pérez, 2007 especifica que la investigación sobre fenología puede agruparse en tres categorías de acuerdo a varios aspectos del crecimiento y desarrollo de la planta:

- ✓ Distribución espacial. Se usa isolíneas para indicar todos los eventos fenológicos para un año específico.
- ✓ Variación temporal. Evalúa la secuencia de tiempo de ocurrencia de uno o más eventos fenológicos de una especie particular o de un número de especies. La observación de la variación anual en la fecha de floración de una planta específica en una localidad, con relación a la temperatura

extrema es un ejemplo de este tipo de investigación. Otro ejemplo es la construcción de un calendario fenológico para un área específica.

- ✓ Relaciones temporales y espaciales. La distribución en la variación de tiempo, de un simple o varios eventos son investigados en un área geográfica amplia. Un ejemplo es la ley Bioclimática de Hopkins (Alcántara, 1987).

En el transcurso de la historia, el hombre ha utilizado el conocimiento sobre los eventos fenológicos en la agricultura, estos eventos fueron una parte importante en las primeras prácticas agrícolas y aún mantiene una relación estrecha con la agricultura moderna, esto se denomina fenología agrícola, estudios que proporcionan información del comportamiento periódico de los cultivos (Pérez, 2007); En este mismo documento se describe que los eventos comúnmente observados en cultivos agrícolas y hortícolas son: siembra, germinación, emergencia (inicio), floración (primera, completa y última) y cosecha. Los eventos adicionales observados en ciertos cultivos específicos incluyen: presencia de yemas, maduración de frutos y caída de hojas para algunos árboles frutales.

Se debe considerar que un cultivo puede no desarrollar todas sus fases fenológicas (Aparición de nueva hoja, Floración, Inicio de desarrollo del fruto, Fin de desarrollo del fruto y Madurez del fruto), si crece en condiciones climatológicas diferentes a su región de origen (Ruiz, 1991). Así mismo según Koch. *et al* (2006) la duración de cada estado fenológico es influenciado por el clima y es diferente para cada especie.

Otros aspectos que son regularmente observados pueden considerarse como indicadores fenológicos del patrón del crecimiento y desarrollo del cultivo. Para árboles frutales, las fechas de floración y maduración de frutos se aceptan generalmente como indicadores significativos. En el caso de árboles frutales, arbustivos perennes, el período entre la floración y la presencia de un fruto incipiente se ha reconocido durante mucho tiempo como uno de los estados de desarrollo importantes. De manera que el conteo aleatorio de flores (número de flores en pocas ramas seleccionadas), del conteo de frutos (número de frutos de un tamaño específico en las ramas usadas en el conteo de flores) y peso, constituyen indicadores destacados de rendimientos (Villalpando y Ruiz, 1993).

De acuerdo a Salazar. *et al*, (2006) el árbol de guayabo presenta los siguientes estados fenológicos

- a) Fase de latencia o vegetativa: donde la planta se encuentra sin órganos reproductivos visibles.
- b) Formación de yemas florales: que corresponde al inicio de la fase reproductiva de la planta.
- c) Floración: apertura de la flor o antesis, la cual se presenta de manera sincronizada. (Castelán-Estrada. *et al*, 2004)

- d) Fructificación: es la transición de ovario de flor a fruto.
- e) Crecimiento de frutos: crecimiento lineal y engrosamiento celular.
- f) Maduración: cambios externos de sabor y textura en el fruto con crecimiento completo (Azcon-Bieto. *et al*, 2000; Leclerc, 2003).

Salazar, *et al* (2006) en España evaluaron los estados fenológicos del árbol de guayaba, identificando y codificando cada fenofase, de la siguiente manera:

- Aparición de yemas florales – E1. (Yema)
- Yemas florales visibles – E2. (Yema)
- Elongación de pétalos – E3 (Yema)
- Flor abierta – F.(Flor abierta)
- Caída de pétalos – G.(Flor seca)
- Fruto cuajado – H1.(Fruto cuajado)
- fruto en crecimiento – I1. (Fruto verde)
- fruto en cambio de color – J.(Fruto pintón)
- Fruto maduro – K.(Fruto Maduro)

Estudios llevados a cabo en Venezuela y Centroamérica por Cañizares. *et al*. (2003) muestran que el tiempo transcurrido entre la emergencia de las flores y la maduración del fruto en guayaba está alrededor de 150 a 180 días, esto según la disponibilidad de agua y de fertilizante.

Caraballo (2001), en Zulia (Venezuela) realizó un trabajo en la biología floral de guayabo, estableciendo el desarrollo de yemas florales, crecimiento, encontrándose que las yemas florales tardan en promedio 27 días en llegar a maduración, la hora de anthesis se determinó entre las 4:30 am hasta las 8:30 am, indicando la necesidad de los primeros rayos de sol para permitirse la apertura floral. Por su parte Marín *et al* (2000), realizó evaluación fenológica de dos variedades de guayaba presentes en la zona del estado Zulia, encontrando diferencias entre ellas principalmente por la interacción entre fenotipo y ambiente.

De acuerdo a la evaluación de Nava *et al* (2003), explica que el incremento en los brotes del árbol se registró justo después de iniciadas las lluvias a continuación de un periodo de sequía. Además algunos autores consideran que el estrés hídrico antes de la floración (Mata y Rodríguez 1990) y los descensos moderados en temperatura y humedad estimulan la floración, similarmente Ortega (1971) señala que la floración en guayaba se presenta 2 meses después del inicio del riego, en condiciones donde se da el periodo de sequía previo y explica que una sequía seguida de lluvia o riego, promueve el desarrollo vegetativo y floral, al estimular la división y alargamiento celular.

2.4.2 Crecimiento y maduración de frutos:

Durante el crecimiento y desarrollo de los frutos se llevan a cabo diferentes cambios tanto físicos como bioquímicos, los efectos que causan estos fenómenos se deben a procesos hormonales, como el efecto de las Auxinas y giberelinas en la inducción de la floración y posterior desarrollo del fruto o el efecto del etileno en el proceso de maduración (Marsch, et al. 2009), también las condiciones ambientales enmarcadas en cambios de temperatura o el aumento de precipitación (Azcón-Bieto. *et al*, 2000).

En el trabajo de Rathore (1976) se evaluó cuatro cultivos de guayaba de tres localidades y encontró que el crecimiento del fruto sigue las siguientes fases: Fase I: Después de la antesis, el crecimiento es consecuencia de la división celular. Fase II: Después de alcanzar un máximo de actividad, la mitosis cesa paulatinamente, al mismo tiempo que el alargamiento y engrosamiento celular van adquiriendo importancia. Fase III: En la última parte el fruto adquiere hasta el 80% de su tamaño final, culminando en una ralentización progresiva del crecimiento, que cesa y el fruto cambia de color y madura. (Medina, *et al*. 2003; Jain, *et al*. 2003).

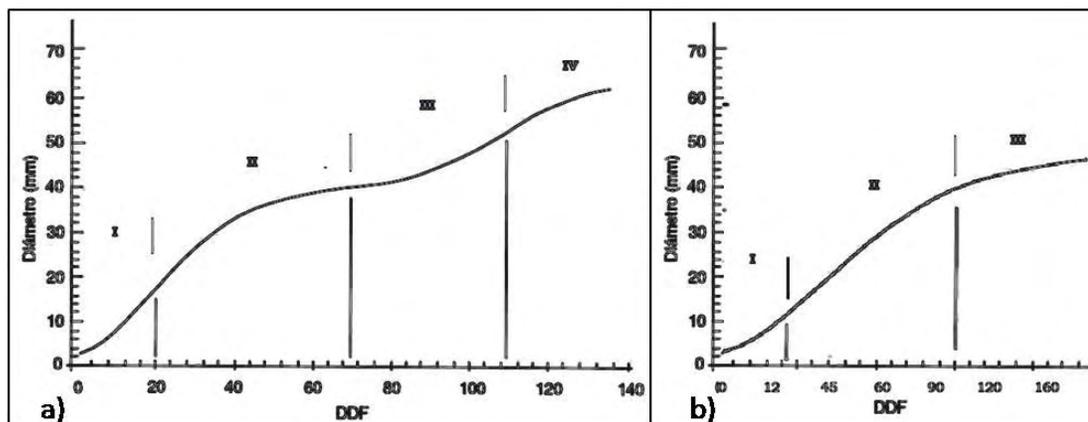


Figura 2. Tipos de Curva de crecimiento, a) doble sigmoidea, b) sigmoidea simple.

Fuente: Mercado-Silva, 1998

Gracias a los estudios de Álvarez, *et al*. (1999); Casierra-Posada, *et al* (2003) y Avanza, *et al*. (2008). Se entiende que la elaboración de curvas de crecimiento permite conocer el modo en que crece el fruto con respecto al tiempo y que los modelos estadísticos ajustados a dichas curvas se los puede utilizar, para estimar en forma anticipada el tamaño que se espera alcancen los frutos al momento de la cosecha y de esta manera realizar pronósticos de producción, lo cual es muy útil para el fortalecimiento de una cadena productiva como la de la guayaba. Laguado, *et al* (2004) encontró que conforme se da el incremento en masa y volumen de los frutos, se producen cambios en el contenido de diferentes sustancias como azúcares, dependiendo de condiciones climáticas y de manejo del cultivo.

De manera general en el proceso de maduración se producen transformaciones notorias en los frutos, a lo largo de un tiempo, entre ellos tenemos, la degradación de clorofila y la aparición de pigmentos amarillos (carotenos) y rojos (antocianos) dependiendo de la especie evaluada, otra degradación producida es la de pectina estructural, además de la hidrólisis del almidón a azúcares y disminución de la acidez (Bashir, *et al.* 2003; Cavalini, *et al.* 2006; Gull, *et al.* 2012).

Según como se produzca el proceso de maduración de la fruta, se clasifican en frutas climatéricas y no climatéricas. En la maduración se produce un proceso acelerado de respiración dependiente de oxígeno, esto se denomina subida climatérica y sirve para clasificar a las frutas en dos grandes grupos, frutas climatéricas y no climatéricas. La guayaba pertenece al primer grupo, considerándose una fruta climatérica, las cuales sufren bruscamente la subida respiratoria, estas frutas se someten a grandes cambios de color, textura y composición (Azzolini, *et al.* 2005). Normalmente se recolectan en estado preclimatérico o madurez fisiológica y se almacenan en condiciones controladas para que la maduración no tenga lugar hasta el momento de sacarlas al mercado (Corpoica - Cimpa. 2000).

El estado de madurez que poseen los productos vegetales al ser cosechados, es especialmente importante para su manejo, transportación y comercialización ya que repercute directamente en su calidad y potencial de conservación en fresco. De aquí que la distinción entre los conceptos de desarrollo, madurez fisiológica y madurez organoléptica, así como la identificación de estos estados de desarrollo, son aspectos relevantes para la aplicación de acciones para la cosecha y postcosecha (Corpoica - Cimpa. 2000).

Medina. *et al* (2003) realizó una caracterización fisicoquímica de la pulpa de guayaba, encontrando diferencias significativas en variadas características de acuerdo a su estado de maduración, los sólidos solubles se incrementaron junto con el mayor estado de maduración, el pH bajó indicando disminución en la acidez en la fruta, lo cual fue corroborado con diferencias en la acidez total titulable, igualmente Collado, *et al.* 2005 encontró una disminución de firmeza a medida que avanza el estado de maduración del fruto. Los sólidos solubles o °Brix, representan el contenido de azúcar y sólidos solubles en total; el sistema refractométrico no solo mide el contenido de azúcar en un líquido, sino que también suma en su lectura de azúcar a todos o casi todos los restantes componentes solubles en agua, ó sea que todos aquellos elementos que se disuelven en agua como por ejemplo; aminoácidos, fructuosa, proteínas, sacarosa, vitaminas. Lara, *et al.* (2007) expresa que en la industria es importante que las frutas tengan altos °Brix, debido a que se reduce la cantidad de sacarosa a agregar a la preparación final.

3. METODOLOGÍA

3.1 AREA DE ESTUDIO

3.1.1 Descripción de la zona

La provincia de Vélez Santander se ubica en los Andes colombianos sobre las estribaciones de la cordillera oriental. La provincia de Vélez, principal región agroindustrial de guayaba en Colombia, (Mapa 1). Está ubicada al oriente del país a 260 Km. por vía terrestre de Santafé de Bogotá. Enclavado a orillas del Río Suarez uno de los más importantes en el oriente del país. Sus coordenadas están entre los $73^{\circ} 37' 30''$ y $73^{\circ} 52' 30''$ W y $6^{\circ} 7' N$. Dentro de los principales municipios productores de guayaba se destacan, Vélez, Guavatá, Jesús María, Barbosa y Puente Nacional.

Mapa1. Mapa Provincia de Santander.



Fuente: La Agroindustria del Bocado en la Provincia de Vélez, En el Departamento de Santander, Colombia. 2003

En la Hoya del Río Suárez - Santander el cultivo de guayaba se ha propagado en forma natural desde una altura de 1200 a 1800 m.s.n.m. con humedad relativa de 78% temperatura media de $18^{\circ}C$ precipitación de 1800 mm bien distribuidos durante el año; con un período seco entre diciembre a

marzo y un “veranillo” entre julio y agosto, la zona presenta variaciones de temperatura entre el día y la noche entre 8 y 10 °C lo cual favorece la formación de azúcares. (Corpoica - Cimpa. 2000)

Presenta suelos escarpados, ácidos, con altos contenidos de aluminio, pobres en fósforo, poco profundos y sensibles a la erosión, con una fertilidad media a baja. Los suelos son franco-arcillosos y franco-arenosos con pH ligeramente ácidos entre 5 y 6 estos factores que han favorecido al desarrollo del cultivo con producciones aceptables. (Corpoica – Cimpa. *et al.* 2007)

La guayaba en Colombia produce desde el nivel del mar hasta altitudes de 1800 m. y precipitaciones de 800 a 2000 mm. Como requerimientos de fertilización del cultivo se ha encontrado que una tonelada de fruta extrae del suelo 2.9 kg de nitrógeno, 2.3 kg de fósforo, 4.1 kg de potasio y 0.2 kg de calcio valores que permiten decidir cómo mantener una buena nutrición del cultivo. La época más adecuada para abonar coincide con la iniciación de la floración y después de la cosecha. (Corpoica - Cimpa. 2000)

La zona de estudio está ubicada en el agroecosistema Hoya del Río Suárez el renglón con mayor extensión e importancia socioeconómica es la guayaba con 9.500 has después de la caña de azúcar

En la Provincia de Vélez se produce cerca del 82.25% de la producción nacional de guayaba, el 24% de la producción local se utiliza como materia prima para la elaboración del bocadillo y el 73% restante se destina para el procesamiento de otras industrias en el país o como fruto fresco para el consumo directo y una apreciable cantidad se pierde en el campo, los otros usos de la guayaba en su agroindustria están representados en la producción de conservas para la obtención de pulpas y jugos. (Corpoica - Cimpa. 2000)

3.1.2 Material vegetal utilizado

El estudio se realizó en tres localidades: el municipio de Puente Nacional, Barbosa y Vélez. En la tabla 2 se encuentra registrado el número de árboles o materiales evaluados, su respectiva variedad, la finca y el municipio en que se encuentran.

Tabla 2. Ubicación Fincas por Municipio. Fuente: este estudio.

MUNICIPIO	FINCA	VARIEDAD	NO. DE ARBOLES
Puente Nacional	Vereda: Cemiza Finca: Varsovia Propietario: Marco Fidel Santamaría Altitud: 1721 m.s.n.m. Ubicación: 5°53'11"N 73°41'06"W	Guavatá victoria	5
		Regional roja	5
		Regional blanca	4
	Vereda: Peñita Finca: Las Alicia Propietario: Alicia Morales Altitud: 1598 m.s.n.m. Ubicación: 5°52'45"N 73°40'32"W	Regional roja	4
		Regional blanca	3
Vélez	Vereda: Acopeña Blanca Finca: La Unión Propietario: Isaías Herreño Altitud: 1891 m.s.n.m. Ubicación: 5°57'03"N 73°39'45"W	Guavatá victoria	4
		Regional roja	4
		Regional blanca	4
Barbosa	Vereda: Centro Finca: Las Charas Propietario: Sandra Sáenz Altitud: 1570 m.s.n.m. Ubicación: 5°56'36"N 73°36'46"W	Guavatá victoria	5
		Regional roja	5
		Regional blanca	4
		Total de Árboles	47

3.2 TRABAJO DE CAMPO

En cada finca se realizó el registro de datos (Figura 3) para determinar características y comportamiento fenológico, desarrollo y crecimiento del fruto y recolección de muestras de cada variedad para su análisis fisicoquímico teniendo en cuenta la oferta de frutos en cada finca.

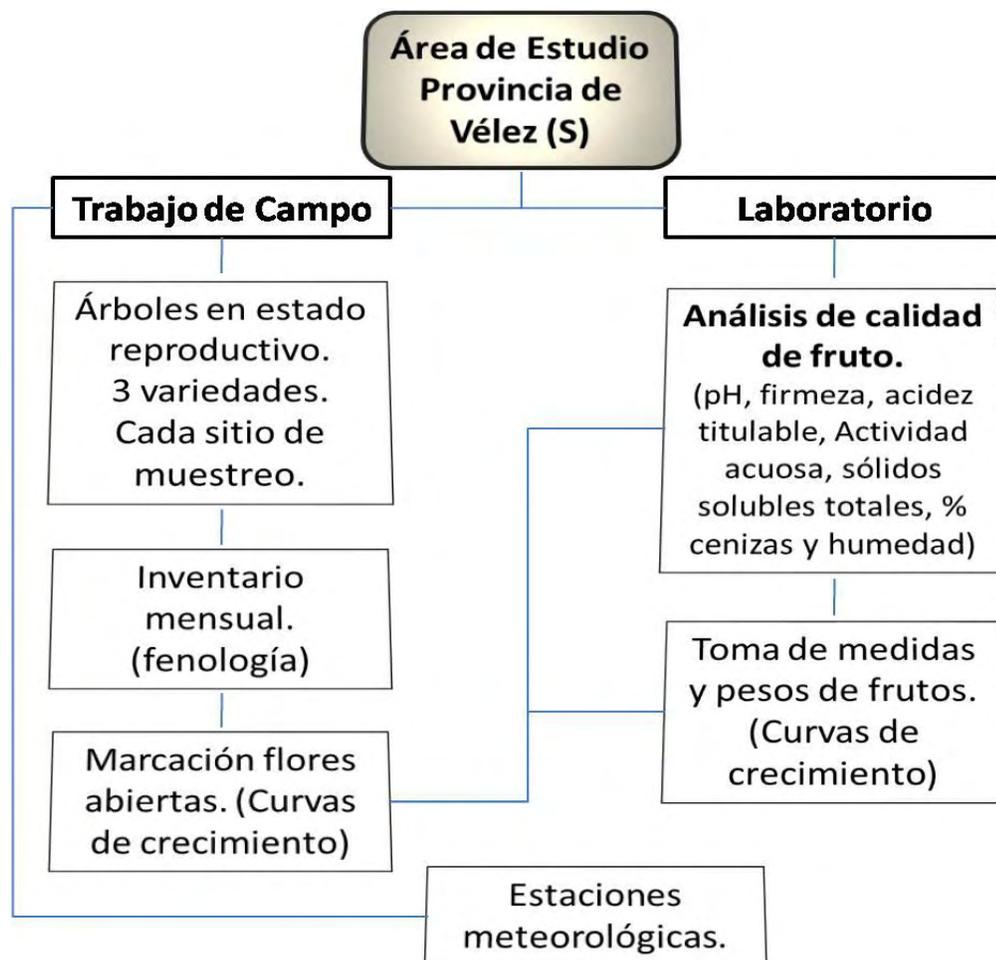


Figura 3. Cuadro Sinóptico de la Metodología aplicada. Fuente: este estudio.

3.2.1 Evaluación de ciclo fenológico. Se realizaron inventarios mensuales del número de yemas florales, flores abiertas, flores secas, frutos cuajados, fruto verde inmaduro, fruto en madurez fisiológica, fruto pintón y fruto maduro, en árboles por cada material de guayaba y por sitio de estudio, con el fin de relacionar ciclo fenológico Vs variables climáticas (Temperatura, precipitación, humedad relativa). Para esto se eligieron en forma aleatoria ramas terciarias con un diámetro mayor a 4 cm por cada árbol, localizando un número determinado de ramas por árbol, los datos de cada evento se expresaron en aproximación por árbol, para obtener el promedio total del cultivo.

3.2.2 Seguimiento del desarrollo y crecimiento del fruto. Se marcaron al menos 50 flores por árbol al momento de anthesis, indicando la fecha exacta (mes/día) de la apertura floral (Figura 4). La medición de frutos se inició a partir de los 12 días de apertura floral y a los 21, 30, 45, 60, 90, 120, 150 y más de 150 días. En cada estadio se midió el peso fresco, diámetro

longitudinal y ecuatorial de cada fruto. Con estos datos se construyeron curvas de crecimiento del fruto



Figura 4. A) Marcaje de flores en anthesis. B) Frutos marcados. Fuente: este estudio.

3.3 TRABAJO DE LABORATORIO

3.3.1 Análisis fisicoquímico Se identificaron cualitativamente por color del fruto tres estadios de maduración verde en madurez fisiológica (verde uniforme), fruto “pintón” (coloración no uniforme variando de verde a amarilla) y fruto maduro (amarilla uniforme). Dichos análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de fisicoquímica de Corpoica – CIMPA, regional Barbosa (Santander).

Tabla 3. Análisis fisicoquímicos para frutos.

ANÁLISIS		MÉTODO	DETERMINACIÓN
a)	pH	Potenciometría	Cuantitativa
b)	Acidez Titulable	Titulación con NaOH	Cuantitativa
c)	Sólidos Solubles	Refractometría	Cuantitativa
d)	% Humedad	gravimétrico	Cuantitativa
e)	% Cenizas	Gravimétrico	Cuantitativa
f)	Firmeza	Penetrometría	Cuantitativa

Métodos aprobados por la A.O.A.C. con modificaciones de la regional de Corpoica Estación experimental CIMPA, descritas a continuación. Fuente: este estudio

3.3.1.1 Medición de pH (A.O.A.C. 10.041/84 Adaptado) Para este análisis se hizo una dilución de pulpa 1:10 p/v la cual fue filtrada para medir el pH inicial con pH metro (SCHOTT CG8842).

3.3.1.2 Acidez Titulable (A.O.A.C. 31.231/84, 942.15/90. Adaptado). Se titulo con NaOH 0,1040625 N hasta obtener un pH de 8,2 o viraje a color rosado con fenolftaleína. El % de acidez titulable con base en ácido cítrico se calculo

mediante la siguiente ecuación:

$$\%A. \text{ cítrico} = \frac{100 \times V1 \times N \times meq}{V}$$

Donde:

V1 = ml de NaOH

meq = 0,064 de A. cítrico

N = normalidad de NaOH

V = Volumen de la dilución.

3.3.1.3 Sólidos solubles totales (A.O.A.C. 22.024/84, 932.12/90 Adaptado). Se determinó por medio del método de dilución de pulpa en agua destilada en una relación 1:3 p/p, después de lo cual se hizo la lectura de la solución con un refractómetro (Reichert AR200); el dato que se obtuvo se multiplicó por el factor de dilución para obtener el contenido de sólidos solubles totales en °Brix.

3.3.1.4 Porcentaje de Humedad (A.O.A.C. 7.003/84, 930.15/90. Adaptado). Un peso conocido de pulpa se secó en estufa (MEMMERT U30) a 80°C por 24 horas, posteriormente se pesó hasta obtener un peso seco constante para encontrar el porcentaje de humedad por diferencia.

3.3.1.5 Porcentaje de Cenizas (A.O.A.C. 942.05 Adaptado). Un peso conocido de pulpa se secó hasta carbonizar en una mufla (CARBOLITE EML 11/2) a 700°C por 24 horas o hasta que presente una coloración blanca, se dejó enfriar en desecador y se pesó nuevamente para determinar el porcentaje de cenizas por diferencia.

3.3.1.6 Firmeza. (Adaptado) Para la medida de firmeza o resistencia de la pulpa a la presión se utilizó un penetrómetro (Bertuzzi FT 011), la medición se realizó en dos posiciones opuestas del eje ecuatorial del fruto

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron sujetos a una exploración previa de supuestos de aleatoriedad y normalidad. Las variables del seguimiento fenológico se expresaron en promedio por variedad, se graficaron y se obtuvieron picos de cada estado o fase fenológica.

Se realizó un análisis de correlación entre fenología de cada material de guayaba y factores climáticos como temperatura, humedad relativa y precipitación en cada localidad para lo cual se realizó un análisis de correlación de Pearson, mediante el programa Xlstat versión 7.5.2 y Statistix 9 (2008) que permiten observar las relaciones entre las variables evaluadas y las expresa en valores que van desde 0 (cero) a 1 (uno), siendo 1 la correlación más alta, cuando el valor es negativo significa que la correlación es inversa.

Las variables de crecimiento del fruto (peso fresco, diámetro longitudinal, diámetro transversal) se ajustaron a modelos polinomiales o sigmoidales para describir el crecimiento del fruto en el tiempo, para esto se usó el programa estadístico Statistix 9 (2008). Se realizó un análisis de varianza factorial para comparar variables fisicoquímicas de calidad del fruto, los factores fueron variedad de guayaba (3 niveles) y localidad (tres niveles).

Se realizó un análisis de componentes principales (PCA) para las variables fisicoquímicas de los frutos de los 3 cultivares de guayaba en la zona estudiada mediante el programa Past 2008.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LAS MATERIALES DE GUAYABA EN LA ZONA DE LA PROVINCIA DE VÉLEZ – SANTANDER.

Fase reproductiva: La figura 5 muestra los principales eventos fenológicos de *Psidium guajava* en la Provincia de Vélez. Esta fase inició con la presencia de yemas florales que son las estructuras que al desarrollarse forman las flores. La floración o antesis en guayaba tiene una duración de 24 horas (Salazar, *et al.* 2006; Lombardo, *et al.* 2010) periodo en el cuál se da la posible fecundación del ovulo; posteriormente se observa la etapa de flor seca caracterizada por la pérdida de la corola y estambres.

Después de la fecundación se observó la etapa de fruto cuajado el cual muestra el engrosamiento del ovario y es la fase inicial de formación de frutos. (Caraballo, 2001; Lombardo, *et al.* 2010). A partir del cuajado, el proceso de floración termina y comienza el desarrollo del fruto con un incremento progresivo del tamaño, esta etapa corresponde al fruto verde. Los frutos verdes crecen hasta alcanzar el típico de la especie o variedad. El proceso de maduración del fruto inicia con la aparición de la etapa fenológica denominada madurez fisiológica en la que se desencadena el proceso de maduración que pasa por las etapas de , fruto pintón y fruto maduro, durante este periodo se producen procesos fisicoquímicos que definen el sabor, color, olor y otras características bioquímicas del fruto de guayaba. (Gil, 1995)

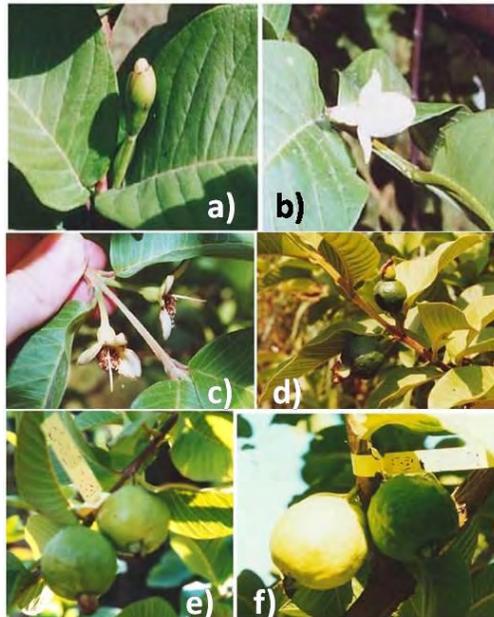


Figura 5. Fenología reproductiva de guayaba. a) Yemas, b) Flor abierta, c) Flor seca, d) fruto cuajado, e) Fruto pintón, f) Fruto maduro. Foto Modificada de: Salazar, *et al.* 2006

4.1.1 Distribución temporal de los eventos fenológicos de guayaba localidad de Barbosa

La Producción de yemas florales en la localidad de Barbosa tuvo una duración aproximada de 3 meses. Guavatá Victoria inició la formación de yemas en los meses de enero y febrero prolongándose hasta marzo (730), le siguió Regional roja y blanca que iniciaron la formación de yemas en marzo y culmina en mayo donde se registraron el mayor número de yemas ($R_r=1254$; $R_b=700$) (Figura 6).

El periodo de floración tuvo una duración aproximada de 4 a 5 meses, se pudo observar que guavatá victoria presentó la mayor floración durante el mes de marzo (68) y continuó hasta el mes de mayo. Los materiales regionales blancos y rojos presentaron los valores más altos de apertura floral en el mes de abril y mayo respectivamente (14; 11), con antesis a partir del mes de marzo y se mantuvo hasta julio, pero en baja proporción. Tomando en cuenta que la antesis y la vida promedio de una flor es menor a un día (Salazar, *et al.* 2006; Lombardo, *et al.* 2010), el estado fenológico de flor seca dependerá en gran medida de la cantidad de flores abiertas, de acuerdo a esto, para el material guavatá en el mes de marzo se registró la mayor proporción de flores secas (270), disminuyendo en los meses siguientes, el material regional rojo y blanco muestra el mayor número en el mes de junio (407; 108), un mes después de registrarse los valores altos de flores abiertas. (Figura 6)

En el material guavatá victoria desde el mes de marzo se registró la fenofase de frutos cuajados, presentando el valor más alto en el mes de mayo (184), y disminuyendo en el mes de junio. En los materiales regionales, los frutos cuajados se presentan desde el mes de abril hasta agosto, siendo el mes de junio para regional blanco cuando más registros se obtuvieron con 132, y para regional roja el mes de julio con 243.

La figura 6 muestra que en el material guavatá victoria la fase de frutos inmaduros se presentó desde el mes de abril hasta agosto, el mes donde se registra el mayor número de frutos es junio con 628 frutos. A partir del mes de julio y hasta el mes de septiembre se obtienen registros en la fase de frutos inmaduros para los materiales regionales blancos y rojos. En el mes de septiembre se registraron valores de 127 y 366 frutos inmaduros para Regional blanca y Regional roja respectivamente.

Entre los meses de julio y agosto en el material Guavatá victoria se obtuvieron registros en los estados fenológicos de frutos en madurez fisiológica (18), fruto pintón (31) y fruto maduro (27). Por otro lado en los materiales regional rojo y regional blanco se obtuvieron datos durante los meses de agosto y septiembre, siendo septiembre el mes con mayor número de frutos en los tres estado fenológicos. (Figura 6).

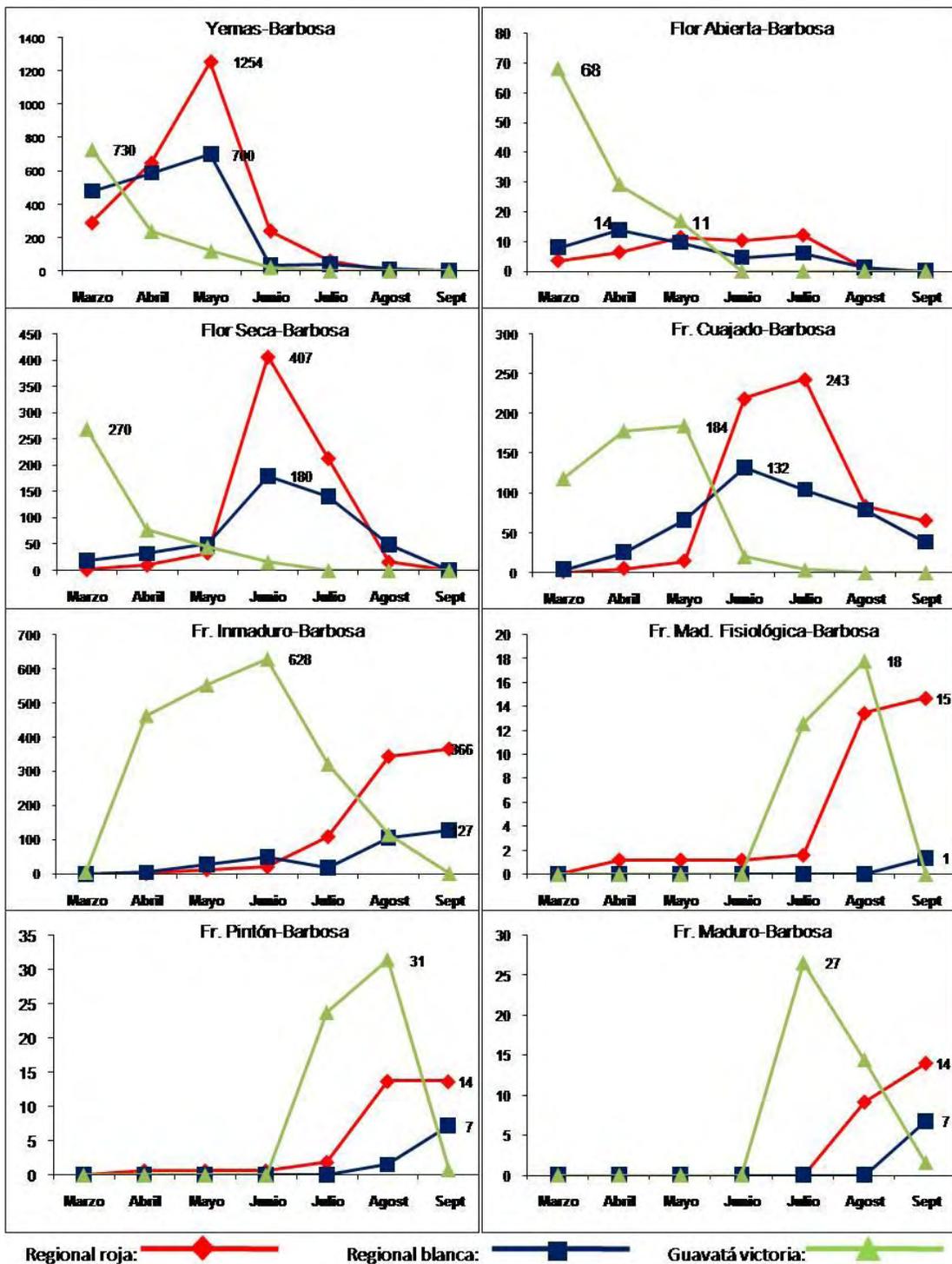


Figura 6. Distribución temporal de los estados fenológicos de guayaba en la localidad de Barbosa. Fuente: este estudio.

Se observó que los cultivares, regional roja y blanca, presentan fases fenológicas similares, en comparación al cultivar Guavatá victoria, el cual inicia la formación de yemas los primeros meses del año y terminó en

producción de frutos aproximadamente un mes antes del pico de fructificación de los cultivares regionales.

4.1.2 Distribución temporal de los eventos fenológicos de guayaba localidad de Puente Nacional.

En la localidad de Puente Nacional la Producción de yemas florales tuvo una duración aproximada de 3 meses dependiendo del material de guayaba. Guavatá Victoria inició la formación de yemas en el mes de marzo y finalizó en el mes de junio (172). Para los materiales roja y blanco se registró la formación de yemas en marzo (608, 545 respectivamente), pero esto refleja que el inicio de la floración en estos materiales de guayaba se da en los primeros meses del año (enero, febrero) (Figura 7).

La floración en esta localidad persistió desde el mes de marzo hasta junio, para los materiales regionales, rojo (22) y blanco (17), el mes de marzo muestra la mayor proporción de flores abiertas. Por otro lado guavatá victoria presentó en el mes de abril mayor número de flores en anthesis, que continuó hasta el mes de julio en menor proporción. En fenofase de flores secas en los materiales regionales, se presentó en los meses de marzo y abril, siendo máxima para regional roja en el mes de marzo con 145 y para regional blanca en el mes de abril con 60 flores secas. Para el material guavatá victoria en mayo se presentó una mayor proporción de flores secas (38) (Figura 7).

En cuanto al estado fenológico de fruto cuajado, se registró este estado durante 5 meses en promedio, en regional roja y blanca, a partir del mes de marzo hasta julio, en regional roja el máximo de frutos cuajados se presentó en marzo con 145, mientras en blanca el mes de abril mostró el mayor número de frutos cuajados. Por otro lado, en guavatá victoria se inició la presencia de estos frutos a partir del mes de abril hasta agosto, con un máximo de 38 frutos cuajados en el mes de julio.

La proporción de frutos inmaduros es mayor durante el periodo de mayo tanto para regional roja (278), como para regional blanca (107), en el material guavatá victoria, junio fue el mes con mayor número de frutos inmaduros (42), en todos los casos disminuye en los meses posteriores. El estado fenológico de frutos en madurez fisiológica, en Regional blanca se registraron desde el mes de junio hasta agosto, en cuanto a Regional roja se registra entre los meses de julio a septiembre. Para el material guavatá victoria no se registran frutos en este estado durante el periodo evaluado.

En la figura 7 se observa que en los materiales regionales roja y blanca se registra la presencia de frutos pintones, con un máximo en julio de 14 y 6 de frutos pintones respectivamente. El material guavatá victoria presentó unos pocos frutos (4) en el mes de septiembre. En cuanto a los frutos en madurez

organoléptica los resultados mostraron que en el mes de julio se registraron para regional roja (20) y regional blanca (7) y el periodo de duración de esta fase se prolongó hasta el mes de septiembre. En guavatá victoria no se registraron frutos maduros.

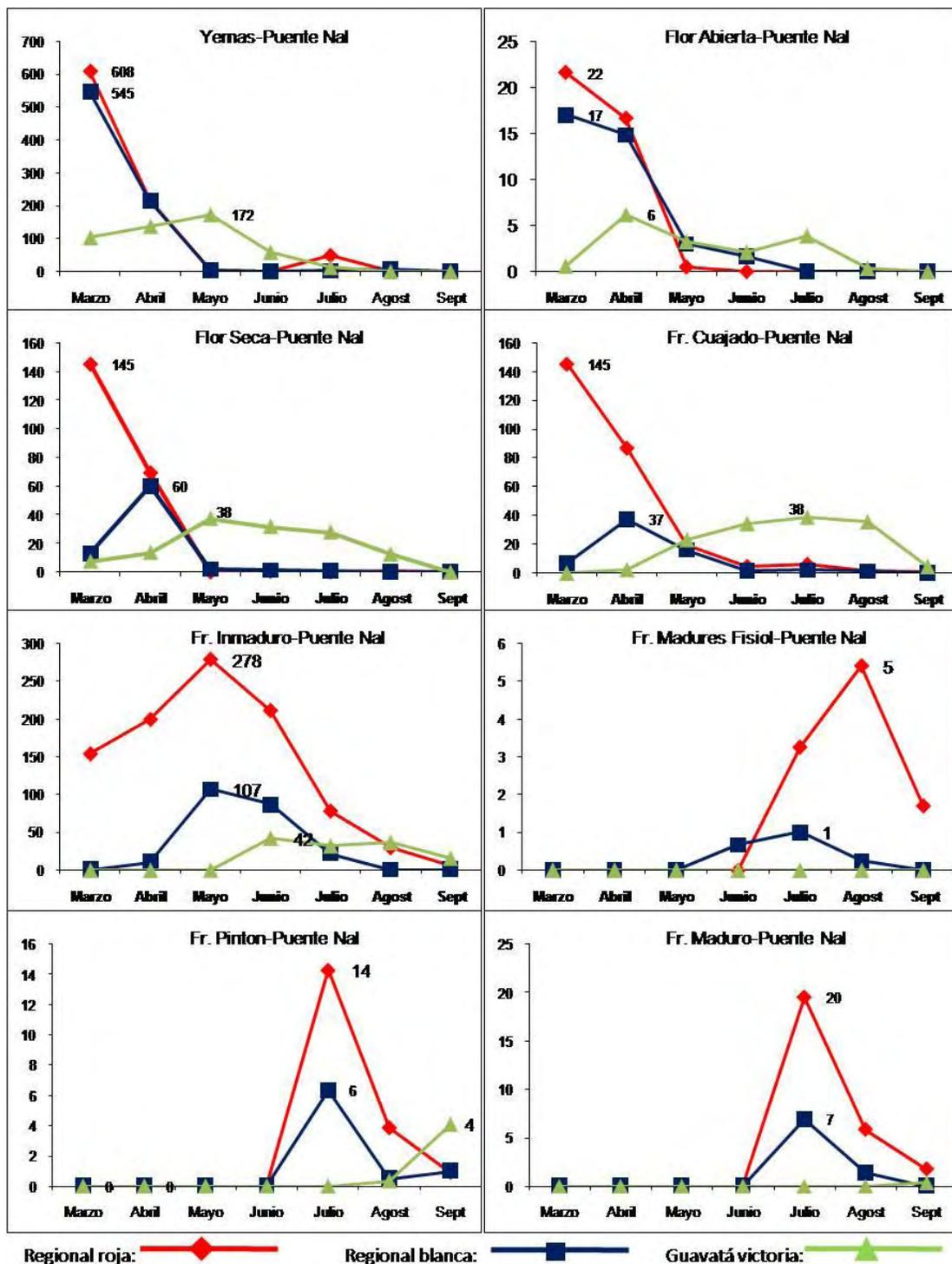


Figura 7. Distribución temporal de los estados fenológicos de guayaba en la localidad de Puente Nacional. Fuente: este estudio.

En esta localidad se observó un desarrollo con escasa diferencia de días entre los tres materiales de guayaba, simultanea para los materiales regionales y con diferencia de 3 semanas en el material Guavatá victoria. En este último material, la producción de cada uno de los estados fenológicos fue muy baja, llegando a encontrarse solamente ciento setenta y dos (172) yemas florales y dos (2) frutos maduros en su pico más alto de producción (Figura 6), en comparación a los otros materiales, regional roja y blanca, con 608 y 545 yemas florales respectivamente, además 20 y 7 frutos maduros respectivamente (Figura 7). Evidenciándose una diferencia importante en la producción final de guavatá victoria en esta localidad. Además los datos muestran un menor número de frutos del cultivar regional blanca, comparada a regional roja.

4.1.3 Distribución temporal de los eventos fenológicos de guayaba localidad de Vélez.

La figura 8, indica que en los meses de mayo y junio se obtuvo la mayor formación de yemas florales de los cultivares regional blanca (1280) y roja (1778), la formación de yemas dura alrededor de 5 meses desde marzo hasta agosto. En el material guavatá victoria se registra el mayor número de yemas florales en el mes de abril (681), con una duración aproximada de 5 meses a partir de marzo.

La fenofase flores abiertas se observó en el material regional roja desde mayo a agosto (39). El material regional blanco presentó un mayor número de flores abiertas en mayo (27), disminuyendo en los meses siguientes. En contraste guavatá victoria presentó un mayor número de flores abiertas en el mes de julio (17). Las flores secas en los materiales evaluados se presentaron en mayor número durante los meses de junio (102) en regional blanca y julio para regional roja (129), en guavatá victoria se presentó en el mes de agosto (56), persistiendo entre los meses de abril a agosto (Figura 8)

La presencia de fruto cuajado se prolongó desde abril hasta agosto en todos los materiales, se observó que el material regional blanca (105) el mayor número de frutos cuajados se registró en junio, para regional roja (163) y guavatá victoria (69) en el mes de agosto.

En cuanto al máximo de frutos inmaduros la gráfica 7 indica que para regional blanca (63) se presentó en agosto; mientras que para regional roja (225) y guavatá victoria (112) en el mes de septiembre. Los estados de maduración fisiológica, fruto pintón y fruto maduro se observaron en el mes de septiembre pero en muy bajo número (Figura 8).

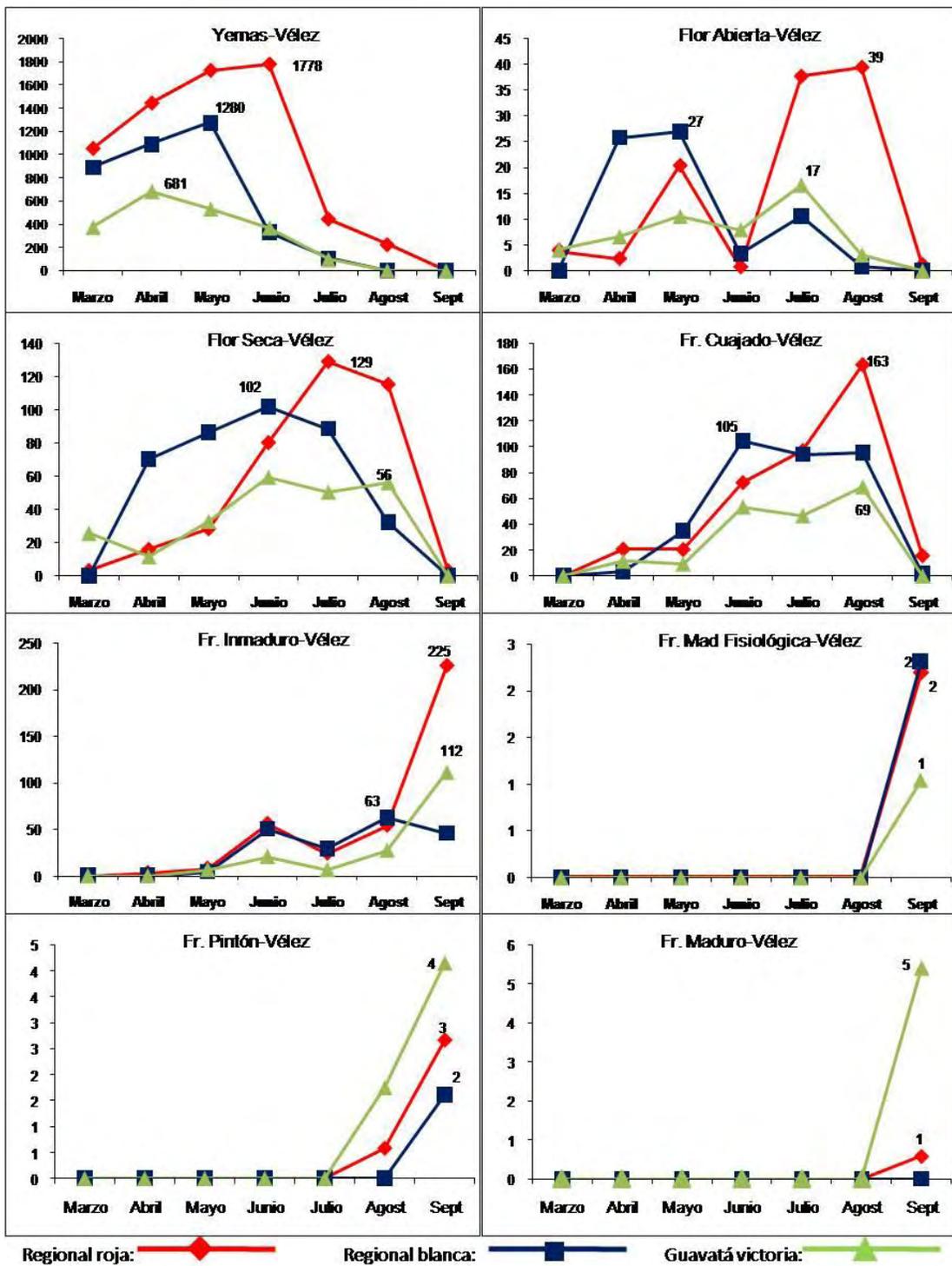


Figura 8. Distribución temporal de los estados fenológicos de guayaba en la localidad de Vélez. Fuente: este estudio.

Se observaron diferencias en cuanto a la distribución temporal de la fenología de guayaba en las tres localidades en Barbosa, se inicia la producción de yemas durante los primeros meses del año (enero - febrero), en la localidad de Puente Nacional las yemas florales aparecen en el mes de marzo, y en Vélez, en los meses de marzo-abril. En consecuencia las demás etapas fenológicas también muestran diferencias en cuanto a distribución temporal. Una mayor estabilidad en cuanto a la presencia de etapas fenológicas y duración de las misma se presenta en los cultivares Regional roja y Regional blanca a diferencia de Guavatá victoria que muestra alta variabilidad en cuanto a la intensidad y duración de cada una de las etapas fenológicas.

En general en la localidad de Vélez la etapa fenológica, de yemas tiene un tiempo mayor de formación esto hace que se dé una asincronía en la época de cosecha de frutos con relación a las localidades de Barbosa y Puente Nacional. La asincronía en la época de cosecha de frutos de guayaba en la localidad de Vélez con relación a las localidades de Barbosa y Puente Nacional son consecuencia de un mayor tiempo de formación de yemas florales, mientras en Barbosa y Puente Nacional esta etapa dura en promedio 3 meses; en Vélez tiene una duración de 5 meses.

Hay que tomar en cuenta que el comienzo y fin de cada fase o etapa fenológica sirve como medio para juzgar la velocidad del desarrollo de la planta y al realizar correlaciones con el clima, ofrece llegar a ciertas conclusiones o realizar predicciones respecto a las respuestas de los materiales al ambiente (Pérez y Puche, 2003).

4.1.4 Correlación clima frente a fenología.

El comienzo y fin de cada fase o etapa sirve como medio para juzgar la velocidad del desarrollo de la planta. El registro sistemático y evaluación de estas fases fenológicas permite correlacionarla con el clima, especialmente con la temperatura, la humedad y con los factores edáficos. Esta integración ofrece llegar a ciertas conclusiones o realizar predicciones respecto a las respuestas de los materiales al ambiente. Tomando en cuenta que las fenofases están reguladas por los factores internos y factores ambientales (Pérez y Puche, 2003).

a. Barbosa

En los cultivares regional roja y blanca no se encontró correlación significativa entre las variables climáticas y la fenología (Tabla 4 y 5), Esto puede explicarse posiblemente por que otras variables ambientales o del suelo pueden explicar la aclimatación de estos cultivares a la zona.

Tabla 4. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Regional Roja. Xlstat 2009 y Statistix 2008. Fuente: este estudio.

Regional Roja	Precip.	P-valor	Max PAR	P-valor	Max Temp	P-valor	Min Temp	P-valor
Yemas	-0.3018	0.5107	0.3937	0.3823	-0.2283	0.6225	-0.1545	0.7408
FlorAb	-0.4271	0.3393	-0.0696	0.8821	0.5125	0.2396	0.1135	0.8086
FlorSec	-0.2163	0.6413	-0.3542	0.4356	0.2944	0.5216	0.2333	0.6147
FrCuaj	-0.0235	0.9601	-0.4652	0.2929	0.6266	0.1321	0.1931	0.6783
FrInm	0.5912	0.1622	-0.1581	0.735	-0.0424	0.928	-0.1861	0.6895
FrMadFis	0.5951	0.1586	-0.0521	0.9117	-0.2133	0.646	-0.2424	0.6005
FrMad	0.4353	0.3289	-0.0539	0.9087	-0.2425	0.6004	-0.3439	0.4501
FrPint	0.6389	0.1224	-0.0863	0.8541	-0.1826	0.6951	-0.1821	0.696

En negrita, valores significativos al umbral alfa=0,050 (prueba bilateral)

Tabla 5. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Regional Blanca. Xlstat 2009 y Statistix 2008. Fuente: este estudio.

Regional blanca	Precip.	P-valor	Max PAR	P-valor	MaxTemp	P-valor	Min Temp	P-valor
Yemas	-0.347	0.4458	0.47	0.2873	-0.2664	0.5636	-0.0899	0.8479
FlorAb	-0.4481	0.3133	0.5972	0.1568	0.0654	0.8892	-0.1081	0.8176
FlorSec	-0.1006	0.8302	-0.3567	0.4323	0.4474	0.3142	0.3363	0.4608
FrCuaj	0.1717	0.7129	-0.3673	0.4176	0.3632	0.4233	0.2429	0.5997
FrInm	0.5124	0.2397	-0.1572	0.7365	-0.264	0.5673	-0.2378	0.6075
FrMadFis	-0.1736	0.7098	0.0149	0.9747	-0.1275	0.7853	-0.6748	0.0963
FrPint	0.0346	0.9413	-0.0088	0.985	-0.1741	0.7089	-0.5881	0.1649
FrMad	-0.1736	0.7098	0.0149	0.9747	-0.1275	0.7853	-0.6748	0.0963

En negrita, valores significativos al umbral alfa=0,050 (prueba bilateral)

Por otra parte, para el cultivar guavatá victoria (Tabla 6), se encontró una correlación positiva entre la temperatura máxima y el número de frutos maduros, es decir, el aumento de la temperatura es favorable para la maduración de los frutos, De acuerdo a Pérez y Puche (2003) cada fruto necesita X°C / día para que madure, así cuando acumula todas las horas de calor necesaria madura y por otra parte cada fruto tiene una temperatura mínima a la cual se desarrolla y madura.

Tabla 6. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Guavatá Victoria. Xlstat 2009 y Statistix 2008. Fuente: este estudio.

Guavatá victoria	Precip.	P-valor	Max PAR	P-valor	Max Temp	P-valor	Min Temp	P-valor
Yemas	-0.2969	0.518	-0.0508	0.9138	-0.3214	0.4821	0.3347	0.4631
FlorAb	-0.3134	0.4937	0.0574	0.9027	-0.3231	0.4797	0.2669	0.5629
FlorSec	-0.2979	0.5164	-0.0961	0.8376	-0.3286	0.4717	0.3631	0.4234
FrCuaj	-0.3584	0.4299	0.5579	0.1931	-0.2879	0.5313	-0.1488	0.7501
FrInm	-0.2668	0.563	0.2941	0.522	0.1048	0.823	-0.0745	0.8739
FrMadFis	0.7798	0.0387	-0.2868	0.5329	0.4289	0.337	0.4513	0.3094
FrPint	0.7566	0.049	-0.2945	0.5215	0.4608	0.298	0.4325	0.3325
FrMad	0.3459	0.4472	-0.3419	0.453	0.8247	0.0224	0.2709	0.5567

En negrita, valores significativos al umbral alfa=0,050 (prueba bilateral)

Así mismo se encontraron correlaciones positivas entre la precipitación y el número de frutos en madurez fisiológica y frutos pintones, esto puede indicar que incrementos en la precipitación, inciden positivamente en la maduración de los frutos. Gastiazoro, 2009^a y Ferreyra, *et al.* 2010, revelan que la oferta de agua es un factor determinante de la fructificación y rendimiento, la acción combinada con otros elementos y variables definen el ritmo de crecimiento y el consiguiente desarrollo. En el caso de los frutales, las necesidades hídricas de las plantas varían en función de varios aspectos como la edad de las plantas, el tamaño y la época del año, así las plantas van intensificando el consumo hasta que llegan a los meses de productividad.

a. Puente Nacional

En el material regional roja se encontró que existe correlación positiva entre las variables fenológicas floración y fruto cuajado con la temperatura mínima, (0,911) indicando la influencia de este factor en la floración y el cuajado del fruto. (Tabla 7) Azcon-Bieto. *et al.* (2000); explica que existe una correlación positiva entre la duración del período de frío y la apertura floral. Chouza y Gravina (2010) realiza evaluación de inducción floral en *Citrus* sp, encontrando que en condiciones de temperatura baja de aire y alta de suelo se produce mayor número de flores a diferencia de condiciones de aire y suelo más cálidas, donde disminuyen su presencia.

Tabla 7. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Regional Roja. Xlstat 2009 y Statistix 2008 y Statistix 2008. Fuente: este estudio.

Regional roja	Precip.	P-valor	Max PAR	P-valor	Max Temp	P-valor	Min Temp	P-valor
Yemas	0.5594	0.3268	0.341	0.5744	-0.8758	0.0516	0.8153	0.0926
FlorAb	0.6236	0.261	0.3858	0.5212	-0.8247	0.0858	0.9108	0.0315
FlorSec	0.6371	0.2476	0.4149	0.4873	-0.479	0.4143	0.8198	0.0893
FrCuaj	0.7274	0.1637	0.4692	0.4253	-0.8419	0.0736	0.9085	0.0328
FrInm	0.8224	0.0874	0.617	0.2675	-0.5608	0.3254	0.757	0.1384
FrMadFis	-0.6466	0.2384	-0.2031	0.7433	0.3509	0.5625	-0.9041	0.0352
FrPint	-0.8114	0.0955	-0.699	0.189	0.7038	0.1847	-0.7129	0.1765
FrMad	-0.7433	0.15	-0.6635	0.2222	0.6964	0.1914	-0.6936	0.194

En negrita, valores significativos al umbral alfa=0,050 (prueba bilateral)

El cultivar regional blanca (tabla 8) presentó correlación positiva entre la variable fenológica fruto cuajado y la precipitación; contrariamente la correlación es negativa entre precipitación y las variables madurez fisiológica, fruto pintón y maduro (0,9891), Gastiazoro (2009b) explica que en los frutales la lluvia y por ende el aumento de la humedad promueve los frutos cuajados, ya que el agua es necesaria para el proceso de división celular que se lleva a cabo en las primeras etapas de desarrollo de los árboles frutales. En las etapas de maduración un exceso de lluvia puede afectar la maduración de guayaba pues es más susceptible al ataque de plagas y enfermedades por incrementos de la humedad (Monroy, *et al.* 2006).

Tabla 8. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Regional Blanca. Xlstat 2009 y Statistix 2008. Fuente: este estudio.

Regional blanca	Precip.	P-valor	Max PAR	P-valor	Max Temp	P-valor	Min Temp	P-valor
Yemas	0.4442	0.4536	0.2894	0.6367	-0.8693	0.0556	0.7554	0.1398
FlorAb	0.536	0.3517	0.3243	0.5944	-0.8313	0.081	0.8769	0.0509
FlorSec	0.7453	0.1482	0.4749	0.4189	-0.7489	0.1452	0.9292	0.0224
FrCuaj	0.9891	0.0014	0.8301	0.0819	-0.6241	0.2604	0.5289	0.3594
FrInm	0.7194	0.1707	0.485	0.4076	-0.8183	0.0904	0.907	0.0335
FrMadFis	-0.9601	0.0095	-0.8667	0.0573	0.8636	0.0592	-0.6067	0.278
FrPint	-0.8901	0.043	-0.7628	0.1336	0.7247	0.166	-0.6948	0.1929
FrMad	-0.9531	0.0121	-0.8225	0.0874	0.7329	0.1589	-0.6445	0.2404

En negrita, valores significativos al umbral alfa=0,050 (prueba bilateral)

En el cultivar guavatá victoria (tabla 9) se encontró un resultado similar que en regional blanca donde la precipitación correlacionó negativamente con las etapas fenológicas de frutos en maduración; también se encontró para este cultivar que la PAR máxima tiene una correlación negativa con las etapas de

maduración, es decir, que altos valores de radiación activa fotosintética el número de frutos en maduración es menor.

Tabla 9. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Guavatá victoria. Xlstat 2009 y Statistix 2008. Fuente: este estudio.

Guavatá victoria	Precip.	P-valor	Max PAR	P-valor	Max Temp	P-valor	Min Temp	P-valor
Yemas	0.6658	0.1026	0.4393	0.3241	-0.6452	0.1176	0.8482	0.0159
FlorAb	0.5995	0.1548	0.4604	0.2985	-0.0358	0.9392	0.2365	0.6096
FlorSec	0.6623	0.105	0.5997	0.1546	-0.3847	0.3941	0.2871	0.5324
FrCuaj	0.1462	0.7545	0.3925	0.3838	0.0376	0.9361	-0.4837	0.2714
FrInm	-0.2089	0.653	0.0511	0.9133	0.4597	0.2993	-0.6931	0.0842
FrMadFis	-0.8696	0.011	-1	0	0.6278	0.1311	-0.2282	0.6227
FrPint	-0.908	0.0047	-0.9967	0	0.6383	0.1229	-0.2905	0.5274
FrMad	-0.8696	0.011	-1	0	0.6278	0.1311	-0.2282	0.6227

En negrita, valores significativos al umbral alfa=0,050 (prueba bilateral)

a. Vélez.

Se observó una correlación positiva o directa de la fase fenológica de yemas y la variable climática temperatura mínima, en todos los materiales de guayaba evaluados en esta localidad, en síntesis al disminuir la temperatura disminuye el número de yemas producidas (Tabla 10-11-12), A diferencia de especies de zonas templadas la guayaba que es una especie tropical, la baja temperatura influye negativamente en el desarrollo de yemas florales como se observó en este trabajo.

Tabla 10. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Regional Roja. Xlstat 2009 y Statistix 2008. Fuente: este estudio.

Regional roja	Precip.	P-valor	Max PAR	P-valor	Max Temp	P-valor	Min Temp	P-valor
Yemas	0.9169	0.0831	-0.7019	0.2981	-0.8177	0.1823	0.9935	0.0065
FlorAb	-0.3522	0.6478	0.9349	0.0651	0.6711	0.3289	-0.4254	0.5746
FlorSec	0.1751	0.8249	0.5574	0.4426	0.2332	0.7668	0.1628	0.8372
FrCuaj	0.1758	0.8242	0.6848	0.3152	0.1514	0.8486	0.0024	0.9976
FrInm	-0.4046	0.5954	-0.3154	0.6846	0.005	0.995	-0.418	0.582
FrMadFis	-0.5207	0.4793	-0.2529	0.7471	0.1352	0.8648	-0.5003	0.4997
FrPint	-0.5405	0.4595	-0.1173	0.8827	0.166	0.834	-0.5824	0.4176
FrMad	-0.5207	0.4793	-0.2529	0.7471	0.1352	0.8648	-0.5003	0.4997

En negrita, valores significativos al umbral alfa=0,050 (prueba bilateral)

Tabla 11. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Regional Blanca. Xlstat 2009 y Statistix 2008. Fuente: este estudio.

Regional blanca	Precip.	P-valor	Max PAR	P-valor	Max Temp	P-valor	Min Temp	P-valor
Yemas	0.8351	0.1649	-0.7233	0.2767	-0.7409	0.2591	0.9602	0.0398
FlorAb	-0.1545	0.8455	0.2335	0.7665	0.4319	0.5681	0.0621	0.9379
FlorSec	0.5925	0.4075	-0.2615	0.7385	-0.3142	0.6858	0.7428	0.2572
FrCuaj	0.5979	0.4021	0.1613	0.8387	-0.2266	0.7734	0.5809	0.4191
FrInm	0.4401	0.5599	0.0018	0.9982	-0.4986	0.5014	0.1608	0.8392
FrMadFis	-0.5207	0.4793	-0.2529	0.7471	0.1352	0.8648	-0.5003	0.4997
FrPint	-0.5207	0.4793	-0.2529	0.7471	0.1352	0.8648	-0.5003	0.4997
FrMad	-0.5207	0.4793	-0.2529	0.7471	0.1352	0.8648	-0.5003	0.4997

En negrita, valores significativos al umbral alfa=0,050 (prueba bilateral)

Tabla 12. Matriz (Coef. de correlación de Pearson): Guavatá victoria. Xlstat 2009 y Statistix 2008. Fuente: este estudio.

Guavatá victoria	Precip.	P-valor	Max PAR	P-valor	Max Temp	P-valor	Min Temp	P-valor
Yemas	0.8636	0.1364	-0.7456	0.2544	-0.7833	0.2167	0.9741	0.0259
FlorAb	0.0106	0.9894	0.176	0.824	0.2975	0.7025	0.2116	0.7884
FlorSec	0.6228	0.3772	0.1639	0.8361	-0.2585	0.7415	0.5847	0.4153
FrCuaj	0.53	0.47	0.3464	0.6536	-0.1749	0.8251	0.4167	0.5833
FrInm	-0.4303	0.5697	-0.2588	0.7412	0.0358	0.9642	-0.4605	0.5395
FrMadFis	-0.5207	0.4793	-0.2529	0.7471	0.1352	0.8648	-0.5003	0.4997
FrPint	-0.5349	0.4651	0.0214	0.9786	0.1884	0.8116	-0.6359	0.3641
FrMad	-0.5207	0.4793	-0.2529	0.7471	0.1352	0.8648	-0.5003	0.4997

En negrita, valores significativos al umbral alfa=0,050 (prueba bilateral)

En el análisis no se encontró ninguna relación entre el número de flores y la variable precipitación, además la correlación temperatura sobre la floración fue negativa (Tabla 7; 8). En contraste Ramírez, (2009), en su estudio en bosques de los llanos Venezolanos, describe que hay una relación negativa entre el número de flores y las variables de precipitación; y una relación positiva de la floración y la temperatura. Por otro lado explica que los factores climáticos frecuentemente no estimulan la producción de frutos inmaduros, pero éstos pueden promover secundariamente tasas de maduración.

En cuanto a frutos en proceso de maduración, en el presente estudio se presentó correlación negativa con la variable precipitación (Tabla 9), corroborándose con lo encontrado por Ramírez, (2009) en los bosques Venezolanos. Sumado a esto, Monroy, *et al* (2006) explica que el exceso de lluvia durante la maduración puede producir el ataque de plagas y enfermedades debido a la humedad.

En todos los materiales y las localidades, excepto en guavatá victoria de Barbosa (Tabla 6), se encontró una correlación positiva entre las variables precipitación y frutos en madurez fisiológica, lo cual es explicado por una mayor necesidad humedad en esta etapa. Además no se encontraron correlaciones significativas entre las variables climáticas y las fases fenológicas de maduración de frutos, lo cual podría indicar que estas fases dependen más directamente de controles hormonales de crecimiento y desarrollo; que se disparan en esta etapa. La maduración puede seguir si el fruto está unido al árbol o separado de él, dado su condición de fruto climatérico. Sin embargo es recomendable realizar seguimientos más extensos sobre efecto de factores del ambiente en maduración de los frutos unidos al árbol o en postcosecha en los diferentes cultivares (Azzolini, *et al.* 2005; Cavalini, *et al.* 2006; Ramírez, 2009)

4.1.5 Aborto floral

Como se puede observar en la tabla 13, el porcentaje de abortos en los materiales estudiados es mayor en las primeras fases de desarrollo (entre el 55 al 94% dependiendo del material), y disminuye conforme se desarrolla el fruto (3 a 49% dependiendo del material). Es notorio que en todos los materiales a pesar de la cantidad importante de flores presentes, la cantidad de frutos obtenidos es muy baja. Azcon-Bieto, *et al* (2000) explican el aborto fisiológico, el cual indica que existen factores naturales que promueven el aborto floral desde la fisiología celular, mostrando el reciclaje de los nutrientes existentes en un órgano que se va a escindir y su reubicación a lugares de nuevo uso o almacenamiento.

Por otro lado Nuez (1996) expresa que debido a la presencia de frutos en desarrollo disminuye el porcentaje de cuajado de flores, existiendo una correlación negativa entre estas fases del desarrollo, situación que aumenta la posibilidad de aborto de flores. Vidal (2009) señala que existe el decrecimiento gradual del cuajado a lo largo de la vida de la planta; las primeras flores muestran un buen cuajado, luego éste va decreciendo.

A continuación se describen algunos aspectos que pueden promover al aborto floral como la inmadurez de la planta, disminución de macro o micronutrientes, problemas fitosanitarios y problemas en la polinización. Cualquiera de estas causas o su combinación, hacen que la planta produzca ácido abscísico, el cual fomenta la formación de etileno que activa enzimas de tipo celulasa las cuales rompen la base de la flor o fruto, provocando su caída.(Stephenson, 1981)

Tabla 13. Aborto floral y de frutos de frutos en la provincia de Vélez. Fuente: este estudio.

	% aborto Yemas a fruto cuajado	% de aborto Fruto pintón a fruto maduro
Barbosa		
Regional Roja	75	25
Regional Blanca	76	23
Guavatá Victoria	55	24
Puente Nacional		
Regional Roja	63	11
Regional Blanca	70	3
Guavatá Victoria	71	7
Vélez		
Regional Roja	94	49
Regional Blanca	91	38
Guavatá Victoria	90	8

Malave (2005) explica la importancia de los micronutrientes en las plantas, en especial del Boro, este compuesto es esencial en los procesos de división celular, en la constitución de tejidos meristemáticos, además actúa en el proceso de la floración principalmente en formación de tubo polínico. Otro compuesto como el nitrógeno también produce el aborto floral, cuando presenta valores bajos en el suelo (Yañez 2002), de acuerdo a Solarte, *et al.* (2010-a) los suelos de la provincia de Vélez presentan contenidos de materia orgánica y nitrógeno alto, contenidos bajos y medios de fósforo y contenido medio y alto de potasio, además de deficiencias de manganeso, zinc, cobre y Boro que pueden incidir sobre el porcentaje de aborto presentado en este trabajo.

Sáenz y D'Alolio (2007) describen la antracnosis como daño atribuido al hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., siendo en realidad su agente causal *Pestalotia* spp. (*Pestalotia versicolor* Speg.). El daño sobre el fruto se debe a costras o roñas, lesiones secas, hundidas, redondas color café a negras y con un micelio blanco típico en su última etapa. Esta sintomatología se presenta principalmente, en aquellas áreas con suelos deficientes o carentes de drenajes. Farfán *et al* (2006) explican que problemas fitosanitarios como la presencia del hongo *Pestalotia* spp, denominado "enfermedad de las costras", en la provincia de Vélez, puede producir daños durante la formación de la yema y apertura floral que pueden incurrir en el aborto. Por otra parte la presencia de plagas como "la mosca de la fruta" *Anastrepha* spp, influyen en la alta tasa de aborto y caída de fruto en las zonas estudiadas. (Morera, 2009; Insuasty, 2004)

De acuerdo a Chouza, *et al* (2010) los problemas en la polinización de la planta pueden ser, inmadurez de los órganos reproductores o juvenilidad; Además expresa la escasa cantidad de polinizadores o especificidad de los mismos explicada por Ramírez (1998). Las condiciones climáticas tienen una

alta relación con el aborto floral, por ejemplo, si la humedad es alta (especialmente en la mañana cuando la temperatura es baja) el polen se vuelve pegajoso, es incapaz de derramarse desde las partes masculinas de la flor y la flor abortará, debido a que las partes femeninas no fueron polinizadas. Si la humedad es muy baja, el polen podría no estar disponible, porque está demasiado seco, o bien las partes femeninas (estigma) podrían resecarse y volverse incapaces de aceptar polen. (Gonzales *et al* 2007; Marlow, 2008)

Agusti, (2003) declara que las relaciones floración-cuajado explican de alguna manera la incidencia que tiene la floración en la cosecha, expresando que el control de la floración es requisito indispensable en algunos casos para aumentar la calidad y volumen de cosecha.

4.2. ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL FRUTO EN TRES MATERIALES PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

Se realizaron curvas de crecimiento del fruto en los tres materiales de guayaba. Además se registró los cambios en tamaño y coloración de frutos como indicador de madurez, la figura 9 muestra los cambios del fruto en el material regional rojo, de la localidad de puente Nacional.



Figura 9. Cambios en tamaño y coloración. Material regional rojo. Puente Nacional.
Fuente: este estudio.

El desarrollo de los frutos de guayaba en los materiales evaluados mostró características de crecimiento sigmoidea simple (Rathore, 1976), donde se observa crecimiento lento, hasta los 45 días, a partir de aquí y hasta los 120 días la curva es más pronunciada mostrando un crecimiento a mayor velocidad o acumulación rápida de biomasa, a partir de los 120 y hasta los 150 días la curva disminuye la pendiente indicando bajo crecimiento y evidenciando el inicio de la maduración de los frutos (Figura 10).

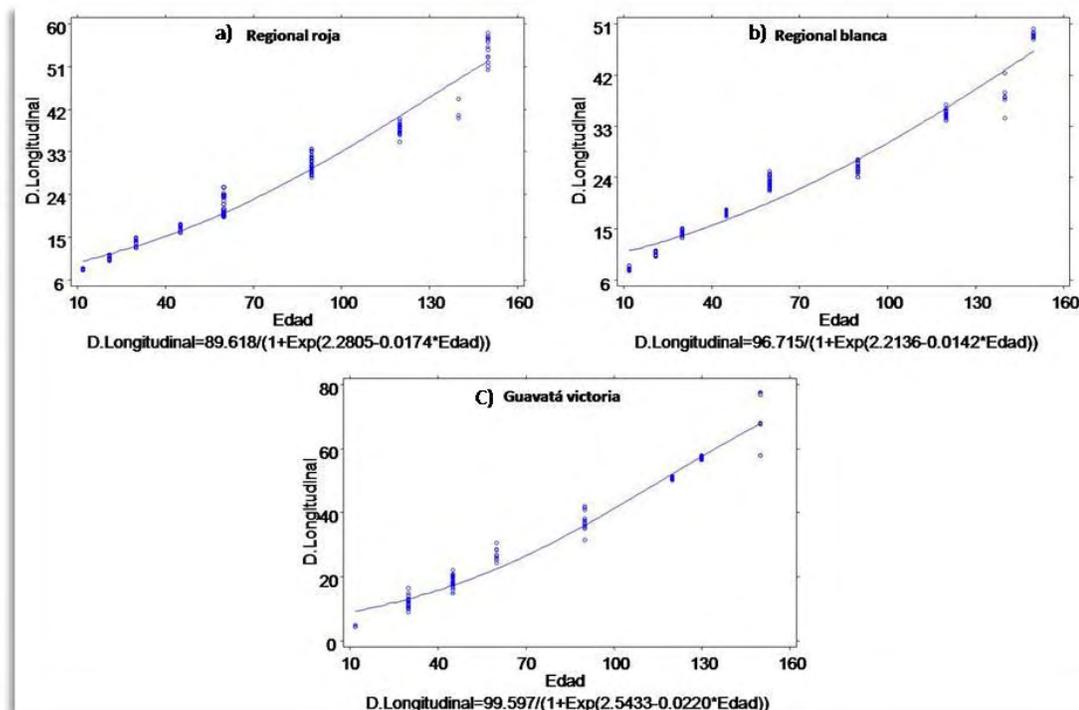


Figura 10. Variación del diámetro longitudinal (mm) respecto a la edad del fruto de *Psidium guajava* (Guayaba) a: Regional roja, R^2 : 0.9704; b: Regional blanca, R^2 : 0.9546; c: Guavatá victoria, R^2 : 0.9772. En las gráficas la línea indica el modelo de regresión ajustado con su respectiva ecuación. Fuente: este estudio.

El modelo que mejor describió el crecimiento del fruto para las variables de diámetro longitudinal y ecuatorial frente a la edad fue el modelo logístico de tres parámetros expresado por la ecuación $Y = \frac{a}{1 + e^{(b-cX)}}$, donde:

Y= Parámetro evaluado (Diámetro longitudinal)

e= Número Euler.

a, b, c= Constantes predichas por el modelo.

a = Crecimiento máximo que puede alcanzar el fruto.

b = Está relacionado con el tamaño al inicio de las mediciones, en un tiempo (X_0).

c= Tasa de variación del crecimiento del fruto a lo largo del tiempo.

X = Edad, tiempo post antesis. (Álvarez, *et al.* 1999; Hernández, *et al.* 2010)

El modelo logístico pudo expresar adecuadamente el crecimiento o desarrollo de guayaba en función del tiempo, se caracterizó por tener forma sigmoidea, un punto de inflexión y dos asíntotas, una superior y otra inferior (Rojas-Lara, *et al.* 2008). El coeficiente de determinación R^2 fue cercano a 1.0, además de valores de cuadrado medio del error (MSE) y desviación estándar bajos (Tabla 14), en comparación a otros modelos no lineales (Avanza, *et al.* 2004).

Tabla 14. Valores estadísticos de modelos de crecimiento variables de diámetro longitudinal, ecuatorial y peso fresco frente a edad del fruto. Fuente: este estudio.

Material	Localidad	Variable	Modelo ajustado	R ²	Cuadrado medio del Error (MSE)	Desviación estándar (DS)	Parámetro (a)	Parámetro (c)
Reg. roja	Puente N.	Longit	Logístico 3P	0.9704	5.4807	2.3411	89,618	0,0174
Reg. Blanca	Puente N.	Longit	Logístico 3P	0.9546	5.8662	2.4220	96,715	0,0142
Gua. victoria	Barbosa	Longit	Logístico 3P	0.9772	9.9751	3.1583	99,597	0,0220
Reg. roja	Puente N.	Ecuat	Logístico 3P	0.9915	4.7992	2.1907	78,679	0,0198
Reg. Blanca	Puente N.	Ecuat	Logístico 3P	0.9451	7.1163	2.6676	67,509	0,0173
Gua. victoria	Barbosa	Ecuat	Logístico 3P	0.9137	18.907	4.3482	48,828	0,0335
Reg. roja	Puente N.	Peso fres.	Logístico 3P	0.9590	19.124	4.3731	1,96 ⁶	0,0373
Reg. Blanca	Puente N.	Peso fres.	Logístico 3P	0.9925	10.318	3.2122	10504	0,0284
Gua. victoria	Barbosa	Peso fres.	Logístico 3P	0.9747	17.433	4.1753	100,93	0,0405

Las curvas de crecimiento del diámetro ecuatorial en función del tiempo son las más empleadas por muchos autores. Tienen la ventaja de ser de fácil determinación, no destructivas y permiten el seguimiento a lo largo de la temporada. (Coombe, 1976). La figura 11 revela que las curvas de crecimiento en el diámetro ecuatorial entre los materiales regionales (roja y blanca) fueron similares, con crecimiento lento los primeros cuarenta y cinco (45) días después de antesis, a partir de esta edad el crecimiento se incrementa y hace que la pendiente sea casi una recta hasta el final de la evaluación a los ciento cincuenta (150) días postantesis, es decir que se nota un final sin estabilización evidente en la curva excepto en guavatá victoria.

En el modelo el parámetro (a) expresa el diámetro longitudinal máximo en los frutos, encontrándose que para regional roja llegaría a un tamaño de 89,6mm, para regional blanca 96,7mm y para guavatá victoria de 99,5mm. Observándose un mayor tamaño en los frutos de este último material de guayaba (figura 10). En cuanto al parámetro (c) la tasa de variación de crecimiento muestra que en el material regional blanco se presenta la más baja tasa de variación en comparación a los otros materiales, con 0,0142, seguido del material regional rojo con 0,0174 y guavatá victoria la mayor tasa de variación con 0,022 (tabla 14). Esto nos indica que en Barbosa Guavatá Victoria muestra una mayor velocidad de crecimiento que finalmente traduce en un mayor tamaño de fruto. Las condiciones de esta localidad son óptimas para este material y pueden ser aprovechadas para incentivar el cultivo de este material.

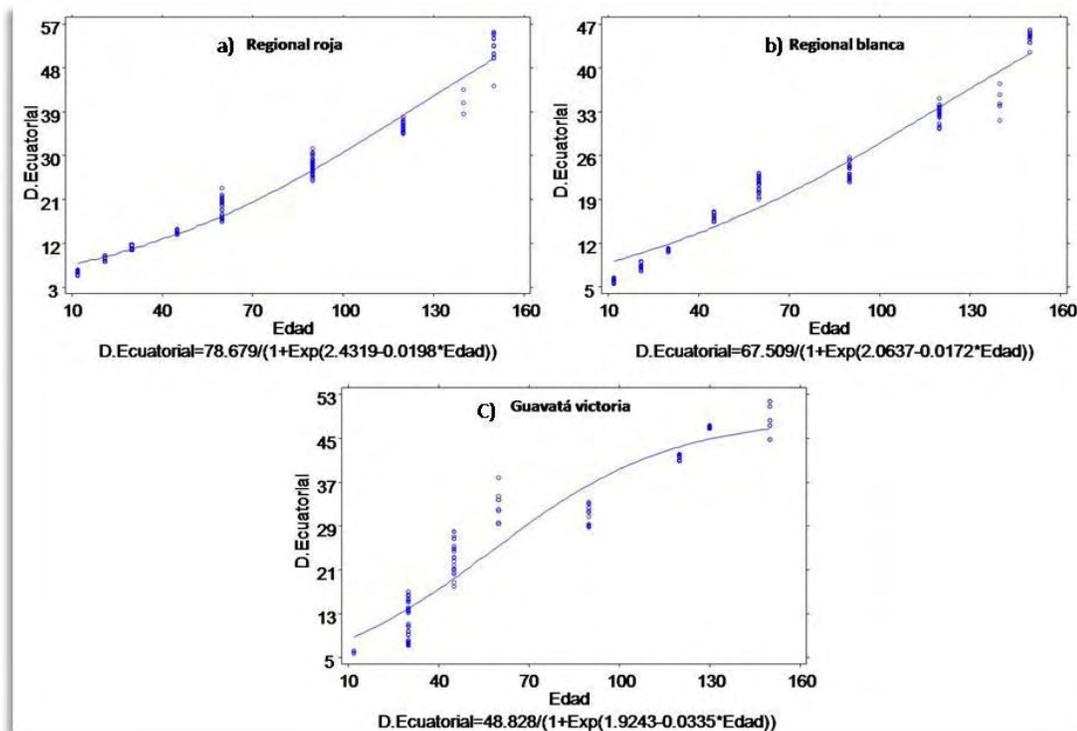


Figura 11. Variación del diámetro ecuatorial (mm) respecto a la edad del fruto de *Psidium guajava* (Guayaba) a: Regional roja, R^2 : 0.9915; b: Regional blanca, R^2 : 0.9451; c: Guavatá victoria, R^2 : 0.9137. En las gráficas la línea indica el modelo de regresión ajustado con su respectiva ecuación. Fuente: este estudio.

En el material de guavatá victoria (C) se observa claramente una curva de crecimiento sigmoidea simple, donde desde los 12 hasta los 45 días es lento, a partir de allí el crecimiento es más rápido indicando una mayor pendiente en la gráfica hasta los 120 días, y la última etapa a partir de los 120 hasta los 150 el crecimiento cesa, evidenciando que se inicia la etapa de maduración del fruto. (Figura 11)

Los parámetros en el análisis de diámetro ecuatorial muestran que el tamaño ecuatorial máximo fue bajo en Guavatá victoria con solo 48,8mm, seguido por regional blanca 67,5mm y regional rojo con 78,6mm. En cuanto al parámetro (c) de tasa de variación de crecimiento el material regional blanca fue el más bajo con 0,0172, seguido por regional rojo 0,0198 y Guavatá victoria con 0,0335 (tabla 14).

Por su parte la figura 12 presenta el análisis de peso fresco frente a la edad, para los tres materiales evaluados, se determinó que el modelo que mejor se ajusta es logístico de 3-P, con la ecuación ya descrita y valores estadísticos expresados en la tabla 18. Se observa el aumento de peso lento en los primeros 60 días después de la apertura floral, a partir de incrementa la velocidad de incremento de peso hasta los 150 días en los materiales regionales (roja y blanca), sin llegar a estabilizarse al final de la curva.

Al observar la curva de peso fresco en el material guavatá victoria se observa en la primera parte de la curva, al igual que en los otros materiales, una primera fase donde hasta los 60 días después de la anthesis se mantiene una baja velocidad de incremento de peso, la segunda fase, entre los 60 y 130 días se incrementa el aumento de peso fresco a mayor velocidad y se observa en la última parte de la curva, entre los 130 a 150 días una leve disminución del incremento del peso fresco, similar a la curva de diámetro ecuatorial en este mismo material (Figura 12).

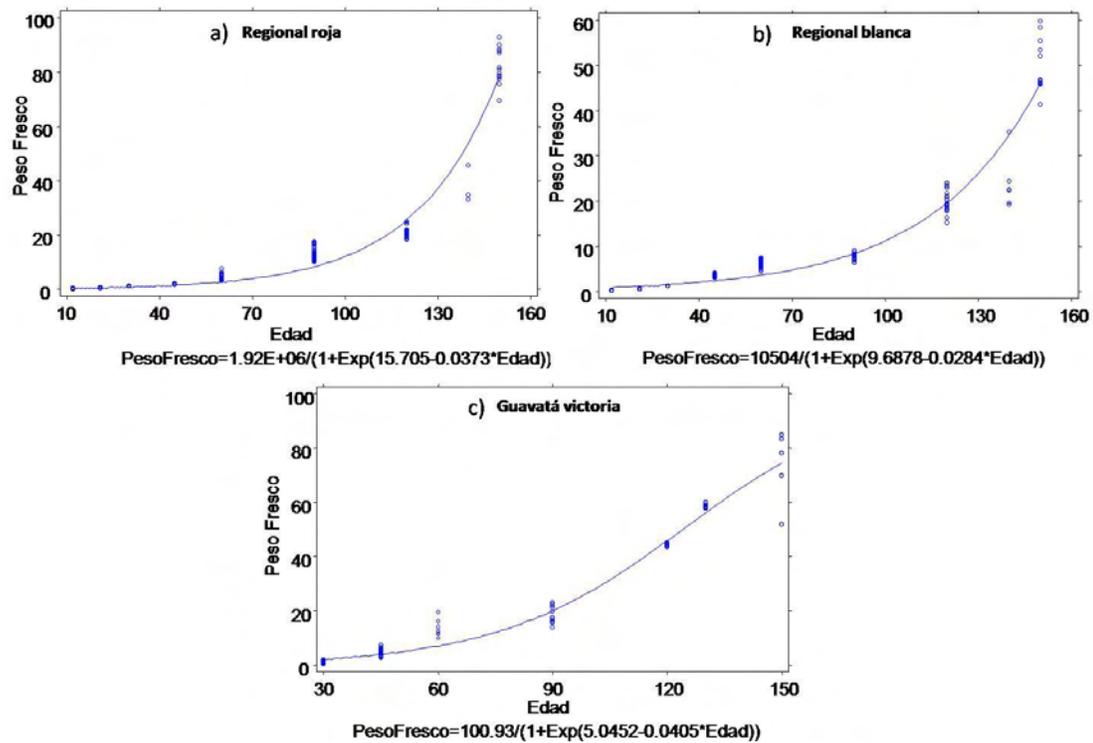


Figura 12. Variación de Peso Fresco (gr) respecto a la edad del fruto de *Psidium guajava* (Guayaba) a: Regional roja, R^2 : 0.9590; b: Regional blanca, R^2 : 0.9925; c: Guavatá victoria, R^2 : 0.9747. En las gráficas la línea indica el modelo de regresión ajustado con su respectiva ecuación. Fuente: este estudio.

En los tres materiales evaluados con curvas completas de crecimiento provenientes de las localidades Puente Nacional y Barbosa se observan tres fases que caracteriza el crecimiento sigmoidea simple, La fase I se define por el crecimiento lento donde se desarrolla el endospermo, periodo caracterizado por la división celular y se extiende de sesenta(60) a noventa(90) días en promedio, la fase II donde se observa el mayor crecimiento que se relaciona con la elongación celular y se mantiene desde los 90 hasta los 120 ó 130 días; la fase III, se identifica por el cese del crecimiento y el inicio de la maduración del fruto (Moo, 2008); tal como se observa en el materia guavatá victoria proveniente de Barbosa desde los 120

hasta los 150 días cesa el crecimiento tanto del diámetro ecuatorial como del peso fresco y da paso a la maduración del fruto.

Se obtuvieron valores muy altos en relación con el tamaño del fruto, en los materiales regionales rojo y blanco, lo cual puede explicarse debido a que la curva no llega a estabilizarse, por lo tanto el modelo no predice con exactitud el peso máximo que los frutos podrían llegar a tener. Por otra parte el material guavatá victoria presenta un peso fresco máximo de 100,9 g. como se puede observar la curva muestra la tendencia a estabilizarse a la edad aproximada de 150 días. Este valor es muy cercano a los promedios de peso y diámetro obtenidos a partir de los datos obtenidos en campo, mostrando una buena predicción del modelo. El parámetro (c) muestra que la tasa de variación en la velocidad del crecimiento del fruto con base en el peso fresco es menor en regional blanca 0,0284, seguido de regional rojo 0,0373 y con mayor variación en guavatá victoria 0,0405 (tabla 14).

En todos los casos, si se realiza un muestreo de crecimiento posterior a los 150 días se podría obtener la estabilización de la curva, evidenciando el crecimiento sigmoideo simple, el cual es reportado por Rathore (1976) en la India y el trabajo de Solarte, *et al* (2010) para la Hoya del Río Suarez. Lo anterior no concuerda con autores como Salazar, *et al* (2006) en España, Mercado-Silva, *et al* (1998) y Ramírez, *et al* (2002) en México y Laguado, *et al* (1999) en Venezuela quienes han reportado crecimiento doble sigmoideo en guayabo en sus respectivos países. Además de acuerdo a Coombe (1976) y Casierra-Posada, *et al.* (2003) los frutos tipo carnosos poseen curvas de crecimiento sigmoideo simple, en cambio la mayoría de la especies de carozo poseen curvas doble sigmoideas.

El tiempo transcurrido entre la apertura floral y la madurez de consumo, para este estudio, fue de 150 días en promedio. A los 120 días después de floración, la fruta comenzó a cambiar su color verde a un amarillo pálido correspondiente a la etapa de madurez fisiológica. La dinámica de crecimiento sigue un esquema, en el cual inicia con la antesis floral en los diferentes materiales, con la apertura floral se origina la polinización y fertilización del fruto, gracias a la fertilización empieza el desarrollo del fruto hasta madurar. Se observa 12 días después de la floración, la aparición de la fenofase de fruto cuajado, caracterizado por el engrosamiento del ovario floral, a partir de esta fase se registra un periodo de crecimiento hasta la edad de 120 días, donde se pueden apreciar frutos en estado de madurez fisiológica, a partir de aquí inicia la fase de maduración del fruto, registrándose reducido crecimiento y el cambio en la coloración, pasando de fruto pintón a fruto con madurez organoléptica hasta los 150 días, una dinámica similar es reportada por Solarte, *et al.* (2010), para la zona de la Hoya del Río Suarez en el departamento de Santander.

Bajo esta misma evaluación se registraron los cambios durante la primera fase de crecimiento de los tres materiales procedentes de las localidades Barbosa y Vélez, en las siguientes figuras (13-14-15) se observa el incremento de diámetro y de peso fresco del fruto evidenciándose la fase inicial, o fase I, con crecimiento lento donde se realiza la división celular.

La Figura 13 expone el inicio de la fase I de crecimiento entre los 12 hasta los 90 días, para diámetro longitudinal y ecuatorial de frutos en el material regional roja de las localidades Barbosa (a; c) y Vélez (b; d), el modelo de crecimiento aceptado para esta fase es logístico de tres parámetros (3-P), con valores de R² cercano a 1.0, cuadrado medio del error y desviación estándar bajos (Avanza, et al. 2004). (Ver tabla 15)

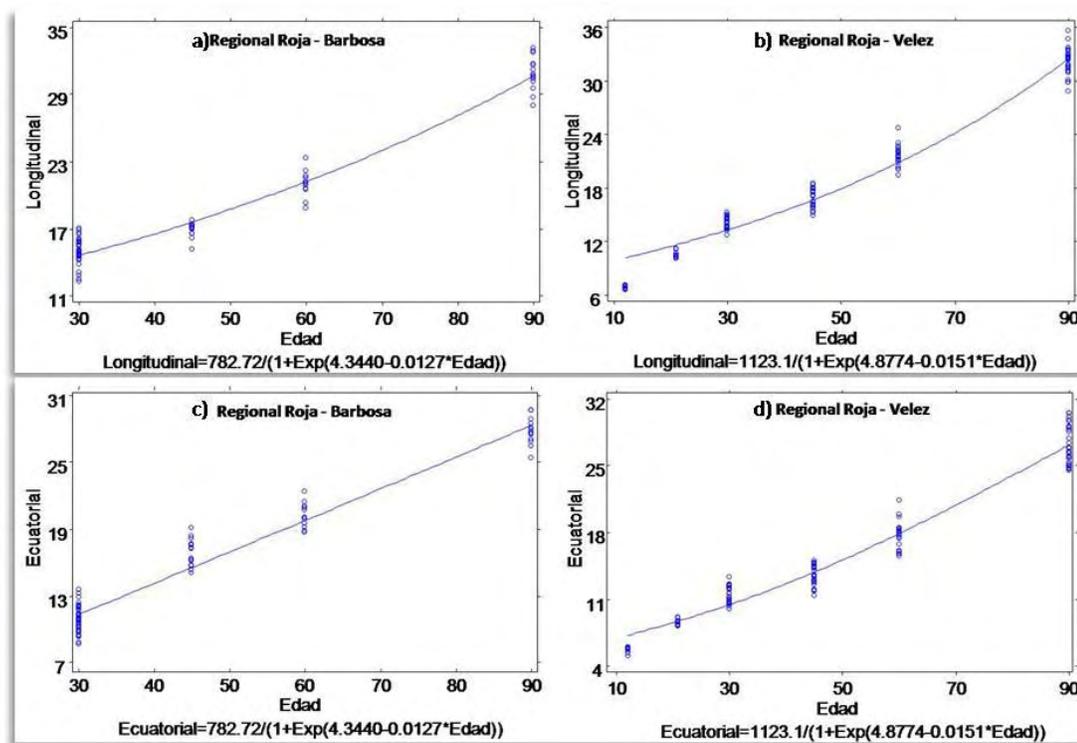


Figura 13. Variación de diámetro (mm) respecto a la edad del fruto de *Psidium guajava* (Guayaba) a: RR Longitudinal-Barbosa, R²: 1.00; b: RR Longitudinal-Vélez, R²: 1.00; c: RR Ecuatorial-Barbosa, R²: 1.00; d: RR Ecuatorial-Vélez, R²: 0.9585; En las gráficas la línea indica el modelo de regresión ajustado con su respectiva ecuación. Fuente: este estudio.

El crecimiento en el material regional blanca (Figura 14 a; c) se comporta de manera similar al material regional rojo, para la localidad de Barbosa, y se ajusta al modelo de crecimiento Logístico 3-P (Tabla 15), donde se incrementa el tamaño de los frutos, expresado en aumento del diámetro longitudinal y ecuatorial en la fase I.

Por otra parte, en el caso del material blanco del municipio de Vélez (Figura 14 b; d), el modelo no lineal con mejor ajuste fue el exponencial de 3 parámetros (3-P) expresado por la ecuación $Y = a + b * e^{(c*X)}$, esto se explica por qué este cultivar en la localidad de Vélez es tardío en comparación a las otras zonas estudiadas, por esta razón durante el periodo que duró esta investigación solo se obtuvieron dos puntos de muestreo a los 30 y 45 días, en el periodo de crecimiento lineal del fruto. Este modelo se incluye como un referente inicial pero debe ser completado en otro ciclo de crecimiento, como así lo hizo Solarte, *et al.* (2010).

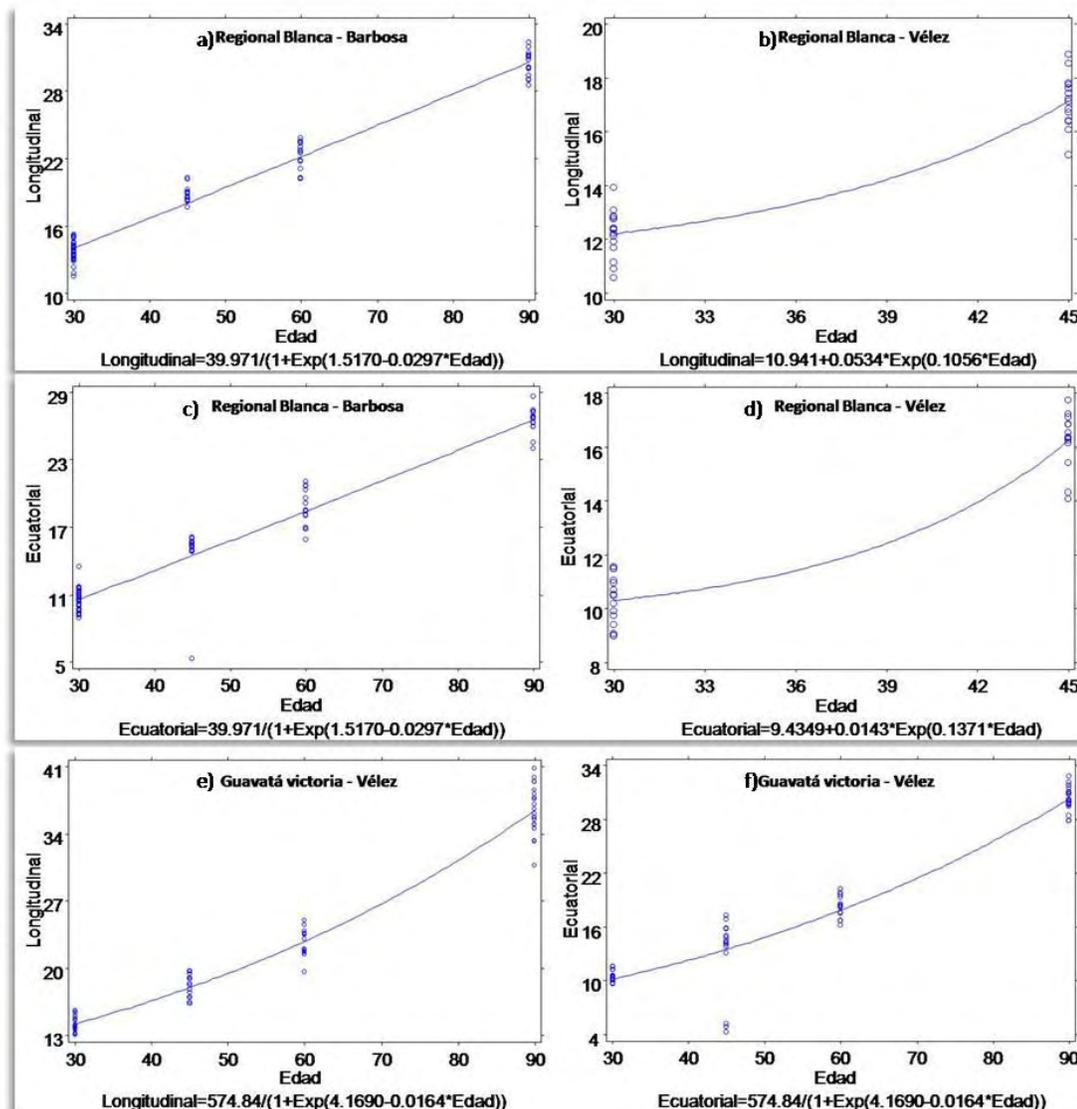


Figura 14. Variación de diámetro (mm) respecto a la edad del fruto de *Psidium guajava* (Guayaba) a: RB Longitudinal-Barbosa, R^2 : 1.00; b: RB Longitudinal-Vélez, R^2 : 0.9954; c: RB Ecuatorial-Barbosa, R^2 : 0.9754; d: RB Ecuatorial-Vélez, R^2 : 0.9952; e: GV Longitudinal-Vélez, R^2 : 0.9691; f: GV Ecuatorial-Vélez, R^2 : 0.9684. En las gráficas la línea indica el modelo de regresión ajustado con su respectiva ecuación. Fuente: este estudio.

El material guavatá victoria del municipio de Vélez (Figura 14 e; f) sigue el mismo tipo de crecimiento en la fase I que los materiales regionales (rojo, blanco) de Barbosa y el material rojo de Vélez. El modelo de regresión logístico 3P, fue el que mejor ajustó tanto para el diámetro longitudinal como ecuatorial. (Ver tabla 15)

Tabla 15. Valores estadísticos de modelos de crecimiento variables de diámetro longitudinal, ecuatorial y peso fresco frente a edad del fruto. Fuente: este estudio.

Material	Localidad	Variable	Modelo ajustado	R ²	Cuadrado medio del Error (MSE)	Desviación estándar (DS)	Para-metro (a)	Para-metro (c)
Reg. roja	Barbosa	Longit	Logístico 3P	1.0000	1.3635	1.1677	782.7	0,012
Reg. roja	Vélez	Longit	Logístico 3P	1.0000	2.4676	1.5709	1123,1	0,015
Reg. blanca	Barbosa	Longit	Logístico 3P	1.0000	1.0825	1.0404	39,971	0,297
Reg. blanca	Vélez	Longit	Exponencial 3P	0.9954	0.9015	0.9495	10,941	0,105
Gua. victoria	Vélez	Longit	Logístico 3P	0.9691	2.8016	1.6738	574,84	0,0164
Reg. roja	Barbosa	Ecuat	Logístico 3P	1.0000	1.8721	1.3682	782.7	0,012
Reg. roja	Vélez	Ecuat	Logístico 3P	0.9585	2.2325	1.4942	1123,1	0,015
Reg. blanca	Barbosa	Ecuat	Logístico 3P	0.9754	2.4024	1.5500	39,971	0,297
Reg. blanca	Vélez	Ecuat	Exponencial 3P	0.9952	0.9755	0.9877	9,4349	0,1371
Gua. victoria	Vélez	Ecuat	Logístico 3P	0.9684	5.1256	2.2640	574,84	0,0164
Reg. roja	Barbosa	Peso fre.	Logístico 3P	0.9732	0.5347	0.7312	782,72	0,0127
Reg. roja	Vélez	Peso fre.	Logístico 3P	0.9752	2.0547	1.4334	1123, 1	0,0151
Reg. Blanca	Barbosa	Peso fre.	Logístico 3P	0.9803	0.3430	0.5857	39,971	0,297
Reg. Blanca	Vélez	Peso fre.	Exponencial 3P	0.9994	0.1175	0.3428	9,4349	0,1371
Gua. Victoria	Vélez	Peso fre.	Logístico 3P	0.9600	2.5103	1.5844	574,84	0,0164

La figura 15 muestra las curvas y modelos de regresión no lineal de los materiales regional roja y blanca del municipio de Barbosa (Figura 15 a; c) y los materiales procedente de Vélez regional rojo y guavatá victoria (Figura 15 b; e), los cuales se ajustaron al modelo logístico de 3-P, se observó un comportamiento similar de estos materiales al obtenido con la evaluación de diámetro longitudinal y ecuatorial. Por otra parte, el material regional blanca del municipio de Vélez (Figura 15 d) se ajusta mejor a un modelo exponencial de 3-P, (Tabla 15), comportamiento afín con la evaluación a las variables de diámetro longitudinal y ecuatorial.

En Las figuras 13, 14 y 15 los parámetros predichos de tamaño máximo (a) y tasa de variación de crecimiento (b) no muestran la realidad del fruto, ya que no se logró completar las curvas a lo largo del tiempo, llegando hasta frutos maduros (Tabla 15).

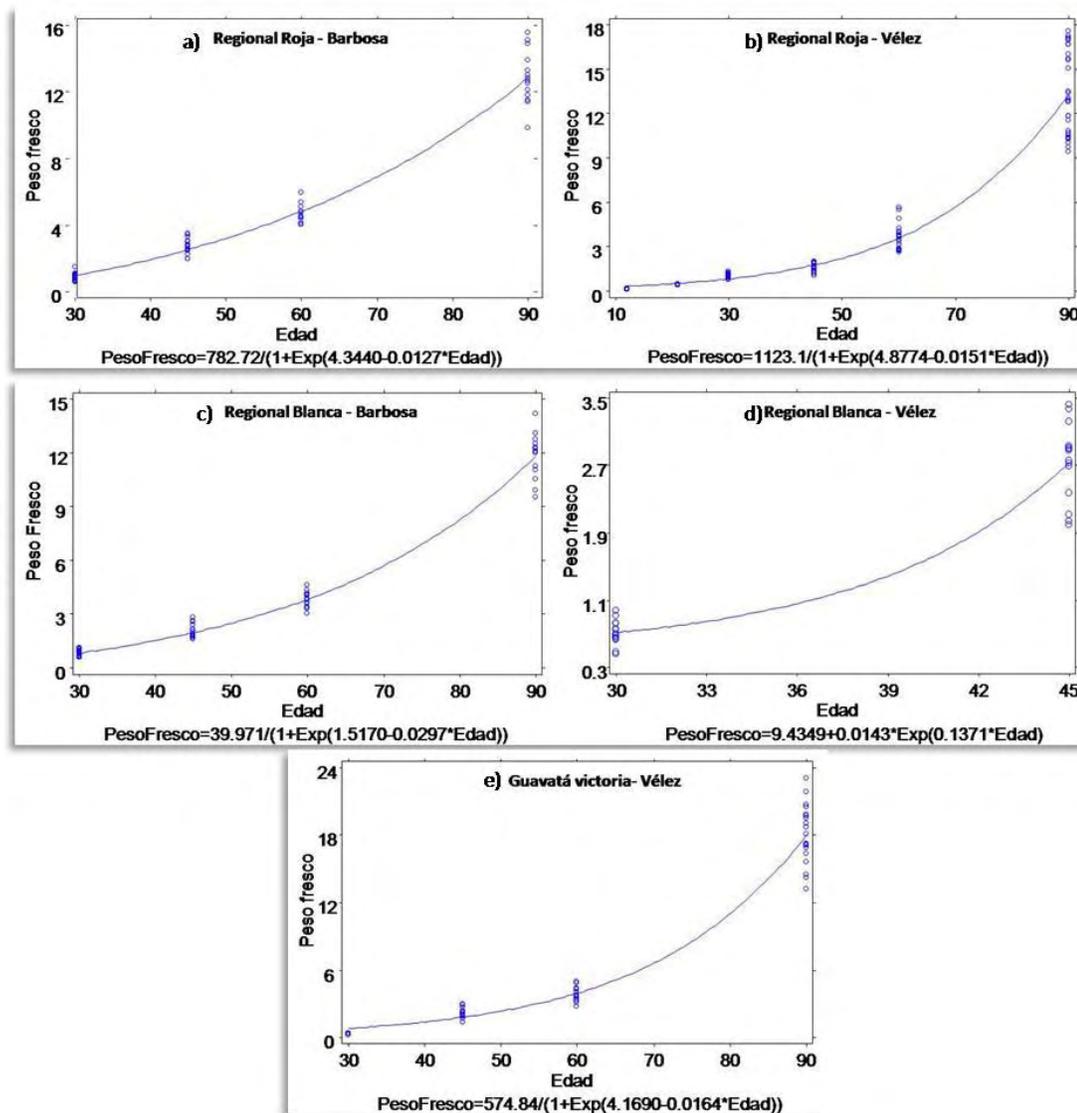


Figura 15. Variación de peso (gr) respecto a la edad del fruto de *Psidium guajava* (Guayaba) **a:** RR-Barbosa, R^2 : 0.9732; **b:** RR-Vélez, R^2 : 0.9752; **c:** RB-Barbosa, R^2 : 0.9803; **d:** RB-Vélez, R^2 : 0.9994; **e:** GV-Vélez, R^2 : 0.9600. En las gráficas la línea indica el modelo de regresión ajustado con su respectiva ecuación. Fuente: este estudio.

La calidad del fruto de guayaba es definida por su textura, color sabor, limpieza exterior, peso y tamaño, (Yam, *et al.* 2010). En la siguiente tabla se presenta el promedio de diámetro longitudinal, ecuatorial y el peso fresco por

material, donde se observa la diferencia en tamaño, encontrándose a guavatá victoria con mayor diámetro longitudinal, seguido por regional roja y regional blanca, por otro lado el diámetro ecuatorial muestra un mayor tamaño del fruto en regional roja.

Con estos datos se puede diferenciar que los frutos de los cultivares Regional roja y Regional blanca poseen un tamaño casi simétrico tanto en diámetro longitudinal como ecuatorial considerándose un fruto redondo, por su parte guavatá posee una forma casi ovoide, siendo el diámetro longitudinal 20 milímetros mayor que el ecuatorial, una característica que puede ayudar a diferenciar a simple vista estos dos materiales.

Tabla 16. Promedio de pesos en estado maduro para los tres materiales evaluados.

Material	Localidad	Diámetro Longitudinal	Diámetro Ecuatorial (mm)	Peso fresco(g)
Regional roja	Puente Nacional	54.84	52.03	79.54
Regional blanca	Puente Nacional	49.64	46.07	53.36
Guavatá victoria	Barbosa	69.74	48.59	73.82

De acuerdo a Pereira, *et al* (2000) el peso de la guayaba es una característica de clasificación comercial, en especial para consumo en fresco y considera que un fruto se califica como excelente cuando posee un peso superior a 200 g, bueno entre 100 y 199 g, regular entre 50 y 99 g y malo cuando el peso es menor a 50g, acorde a esta calificación, los tres materiales se encuentran clasificados como regulares (Tabla 16).

De acuerdo a Gaspar, (2008) un bajo tamaño del fruto puede estar determinado por las auxinas, ya que son las encargadas de regular la descarga de asimilados al floema para poder transportarlos a los frutos durante su crecimiento y “llenado”, el aporte de asimilados acumulados justo antes del inicio de floración y fructificación son originarios de órganos como las hojas u órganos de reserva que son la fuente principal de abastecimiento. Sumado a esto, Solarte, *et al*. (2010b) indica que aspectos como la condición del cultivo, manejo agronómico especialmente en poda y nutrición, los aspectos ambientales como disponibilidad de agua y nutrientes para la planta afectaran el tamaño final del fruto maduro.

4.3 EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LOS FRUTOS DE GUAYABA DURANTE LA MADURACIÓN.

Se realizaron evaluaciones de las características fisicoquímicas de tres cultivares Regional Roja y Blanca de la localidad de Puente Nacional y Guavatá victoria de Barbosa. Se compararon seis variables fisicoquímicas

(°Brix, pH, % acidez titulable, % de humedad, % de cenizas y firmeza), en tres estados de maduración, Madurez fisiológica, fruto pintón y fruto en madurez organoléptica) descritos en la tabla 17.

Al realizar el análisis de la pulpa de fruta en los tres materiales se observaron tendencias similares, cómo el incremento de °Brix, pH y humedad, conforme se incrementa el estado de maduración (Tabla 17).

El cultivar con mayor °Brix fue regional blanca, con valores de 9,2 en estado verde fisiológico, 10,4 en pintón y 11,33 en frutos maduros en comparación a los otros cultivares. Esto indica que este material es más dulce y puede tener potencial en procesos industriales (Lara, *et al.* 2007). El contenido de azúcares incrementa con la maduración del fruto de guayaba posiblemente debido a un incremento de la actividad metabólica que favorece la hidrólisis de polímeros de carbohidratos que incrementan el contenido de azúcares solubles (Laguado *et al.* 2004)

Tabla 17. Análisis fisicoquímico de frutos. Cultivares presentes en la provincia de Vélez (Santander). Fuente: este estudio.

Cultivar	Muestra	°Brix Final	pH	% acidez titulable	% humedad	% cenizas	Firmeza Kg/cm ²
Regional Roja	Prom. Verde	8.60	4.01	0.89	82.47	0.63	1.987
	Prom. Pintón	9.47	4.03	0.64	84.40	0.50	0.935
	Prom. Maduro	10.90	4.10	0.55	83.83	0.37	0.318
Regional blanca	Prom. Verde	9.20	3.95	0.82	83.20	0.40	0.242
	Prom. Pintón	10.40	4.04	0.59	82.97	0.53	0.459
	Prom. Maduro	11.33	4.10	0.59	83.50	0.60	0.242
Guavatá victoria	Prom. Verde	8.13	3.90	0.58	84.87	0.23	1.860
	Prom. Pintón	8.53	4.00	0.43	86.90	0.17	0.981
	Prom. Maduro	9.30	4.16	0.31	86.80	0.10	0.293

El pH en los tres cultivares se mantuvo en el rango de 3,9 a 4,2 (Tabla 17), tal como lo reporta Mondragón (2009) y Andrade (2009) en cultivos de México y Colombia, respectivamente. Aunque éste aumenta, de acuerdo al estado de maduración, se mantiene en rangos relativamente bajos de 3,9 a 4,1; lo cual favorece la hidrólisis o degradación de los carbohidratos poliméricos, especialmente sustancias pécticas 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. (Laguado, *et al.* 1998)

Tal como se observa en la tabla 17, la firmeza del fruto disminuye al pasar de un estado de maduración a otro, Según Laguado, *et al.* (1999), se ha encontrado que hay diferencias en la estructura de la pared celular en

diferentes etapas de maduración del fruto, donde se registra un ablandamiento de la estructura celulósica fibrilar, los cambios que siguen, son en esencia de la composición. Se ha propuesto que los cambios en el ablandamiento de los tejidos se deben a la disolución de los componentes de la pared celular por la actividad de pectinesterasa y poligalactunasa. La primera cataliza la demetilación del ácido poligalacturónico en la pared celular y la segunda induce la ruptura de cadenas de dicho ácido, lo cual favorece el ablandamiento de los tejidos (Awad, *et al.* 1980; Bautista, 2005)

La Acidez Titulable (AT) es un parámetro que estima el contenido de ácidos orgánicos en frutas (Hernández-Pérez, *et al.* 2005). Los resultados muestran que a medida que el fruto avanza en su estado de madurez (verde-pintón-maduro) disminuye el contenido de AT en los mismos, lo cual coincide con lo observado por Laguado, *et al.* (1995) y Medina, *et al.* (2003) quienes señalan que disminuye significativamente a medida que avanza el estado de maduración de la fruta, como consecuencia de la hidrólisis y degradación de los carbohidratos poliméricos, aumentando los azúcares en solución (Kays, 2004).

El contenido de humedad de la pulpa se encontró entre los rangos 82,4% para frutos verdes con madurez fisiológica y de 86,8% en frutos con madurez organoléptica, Medina, *et al.* (2003) indican para guayaba el rango de humedad se encuentra entre 74 a 87%, Wilson (1980) clasifica a las frutas con un contenido de humedad entre 75 y 90 % como jugosas y explica que este parámetro y la calidad de la guayaba dependen de factores climáticos.

En dos de los materiales evaluados (regional roja y guavatá victoria) se observa la disminución del porcentaje de cenizas conforme se da la maduración del fruto, el contenido de cenizas de las muestras de pulpa analizadas no superaron el 0,63% en frutos verdes y en frutos maduros de solo 0,37%. Para el cultivar regional roja y de 0,23% en frutos verdes a 0,1% en frutos maduros. En literatura se encuentra que el rango de porcentaje de cenizas está entre 0,5% a 1.0% tal como lo describe Sáenz, *et al.* (2007) para guayaba, además este porcentaje por lo general, es inversamente proporcional al contenido de humedad del fruto. Medina, *et al.* (2003).

En el caso del material regional blanca se observó un incremento del porcentaje de cenizas con la maduración, pasando de 0,4% a 0,6%, algunos autores destacan que las cenizas están asociadas al contenido mineral y, en consecuencia, a la posibilidad de asimilación por parte de las plantas. (Arenas, 1999)

4.3.1 Análisis de componentes principales (PCA)

Se analizaron las características fisicoquímicas y los estados de maduración de tres materiales de guayaba mediante un PCA, lo cual permite determinar los componentes principales de la relación entre dichas variables (Figura 14).

El PCA, muestra que el componente 1 tiene un porcentaje de varianza de 48.8%, por su parte el componente 2 refleja el 38.9%, es decir el 87.7% de la varianza, aceptándose estos dos componentes.

Los resultados indican, como primer componente principal (PCA1), el porcentaje de acidez, con un valor de $-0,9471$; esto señala que las variables que se ubican hacia la izquierda de la figura 16, en el eje X, tienen un % de acidez mayor en comparación a los ubicados hacia la derecha, los materiales regional roja y blanca en el estado de madurez fisiológico poseen porcentajes más altos de acidez, estos porcentajes disminuyen al mismo tiempo que la maduración del fruto avanza. De acuerdo a Laguado, *et al.* (1999) los valores altos de porcentaje de acidez titulable favorece el incremento de °Brix, como se observa en la figura 16, los materiales regionales poseen los valores más altos, por otro lado, hacia la derecha del eje de las abscisas se ubican los cultivares con menor acidez, es así como guavatá victoria en el estado madurez organoléptica se encuentra en esta zona de la gráfica, es importante destacar que este material muestra los porcentajes más bajos de acidez titulable, por lo tanto valores bajos de °Brix (Tabla 21) (Laguado, *et al.* 2004). De acuerdo a Solarte, *et al.* (2010c), los ácidos orgánicos tienden a disminuir porque son usados en el proceso de respiración como sustrato, sumado a esto, el aumento de los grados brix de acuerdo al desarrollo de la maduración disminuyen los ácidos y aumenta los azúcares en el fruto.

En la figura 16, se observa la relación negativa o inversa existente entre el porcentaje de acidez titulable y la humedad presente en las muestras, De acuerdo a esto, los cultivares con mayor porcentaje de humedad, presentan menor acidez titulable posiblemente por efecto de dilución.

Como segundo componente principal (PCA2), se encontró a °Brix, que como se había explicado es la medida de sólidos solubles que los frutos tienen. Este componente presentó un valor de correlación de $-0,8925$; una relación negativa, lo cual indica que en el eje Y o de las ordenadas, hacia la parte inferior se encuentran los materiales con mayor valor de °Brix. Se pudo determinar que los cultivares regionales (rojo y blanca) en el estado de maduración organoléptica poseen mayores valores de °Brix, en contraste, el cultivar guavatá victoria presenta menor cantidad de sólidos solubles en todos sus estados de maduración.

Al entender que los °Brix son una medida de la cantidad de sólidos solubles de una muestra, entre ellos las azúcares presentes (Laguado, *et al.* 1995), de esta manera se puede deducir que de los tres materiales evaluados, regional blanca se la puede considerar como guayaba dulce, seguida de regional roja y en menor proporción a guavatá victoria.

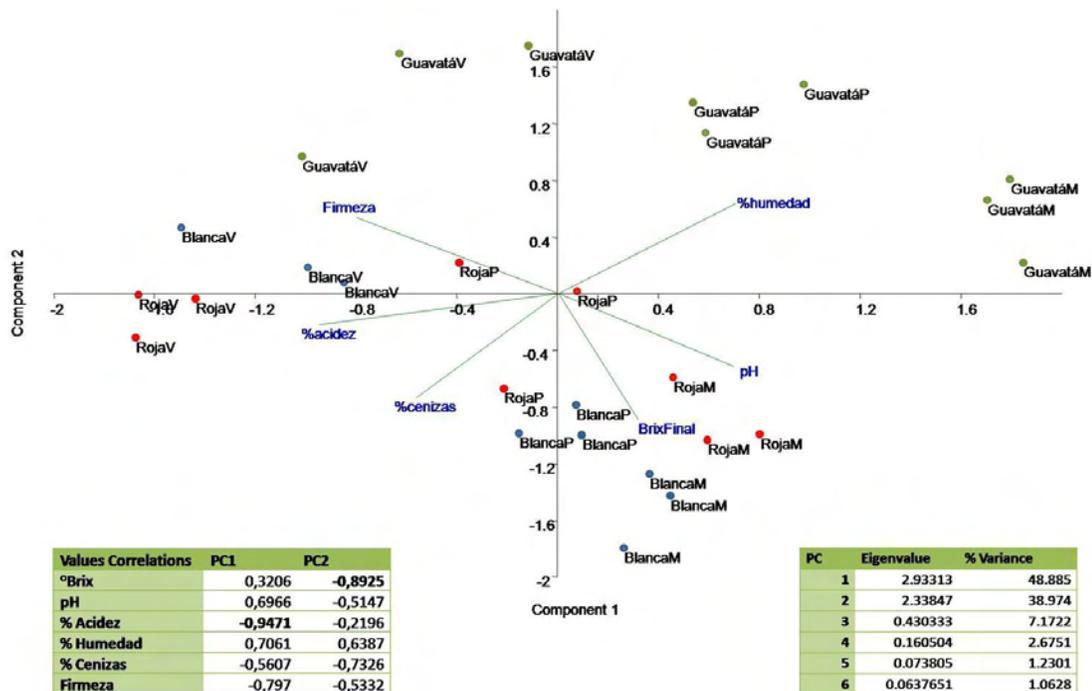


Figura 16. Análisis de componentes principales frutos de guayaba. Fuente: este estudio.

Es importante la relación existente entre el pH y la firmeza, que muestra una correlación inversa entre la textura y el pH, indicando que a medida que los frutos avanzan en su estado de desarrollo aumenta el pH de los mismos; más no así la firmeza, debido a que existe un incremento en la velocidad de degradación de las sustancias celulósicas pécticas y por ende el ablandamiento del fruto. En cuanto al pH, aunque éste aumenta, se mantiene en rangos relativamente bajos de 3,9 a 4,16 (tabla 21); lo cual favorece la hidrólisis o degradación de los carbohidratos poliméricos, como la 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. (Rolz, 1972; Rathore, 1976; Laguado, *et al.* 1998). Por otro lado, los ácidos libres en los frutos aumentan al comenzar el crecimiento, pero la concentración de ácidos disminuye por dilución, aumentando el pH a medida que el fruto madura (Azcon-Bieto, *et al.* 2000)

CONCLUSIONES

- Los resultados de este estudio mostraron que la fenología floral de *Psidium guajava* L., varía de acuerdo al material y se ve afectada por la altura sobre el nivel del mar y la temperatura de cada localidad. El material guavatá victoria a menor altitud (Barbosa) inicia la formación de yemas y flores en los dos primeros meses del año enero-febrero, seguida de Puente Nacional que tiene una altitud intermedia, en los meses de marzo-Abril y finalmente en Vélez la localidad con mayor altitud durante el mes de mayo. En los materiales regionales, se observó la presencia de yemas y floración primero en la localidad de Puente Nacional, seguido de Barbosa y luego Vélez.
- Debido a lo anterior los subsiguientes eventos fenológicos siguen la misma secuencia y finalmente influyen en la cosecha que se presenta en momentos diferentes dependiendo de la localidad y el material. Es así como la cosecha en Barbosa se da inicialmente para Guavatá victoria en los meses de julio-agosto, los frutos de los materiales regionales en Barbosa inician en el mes de septiembre; la cosecha en Puente Nacional de los materiales regionales se da en los meses de julio-agosto, mientras que Guavatá victoria no presenta frutos en estados maduros; En Vélez, el ciclo reproductivo inicia posteriormente a las otras localidades, al finalizar este estudio no se alcanzaron a registrar los estados fenológicos de maduración de frutos.
- La localidad de Vélez presentó mayor tiempo la formación de yemas, lo cual hizo que tuviese mayor duración esta etapa fenológica, esto generó una asincronía en la época de cosecha de frutos con relación a las localidades de Barbosa y Puente Nacional. En la época de cosecha de frutos de guayaba en la localidad de Vélez con relación a las localidades de Barbosa y Puente Nacional son consecuencia de un mayor tiempo de formación de yemas florales con duración en Barbosa y Puente Nacional en promedio 3 meses y en Vélez tiene una duración de 5 meses.
- Al evaluar la correlación entre el clima y las fases fenológicas, se determinó que la variable temperatura mínima (Min temp.), mostró una relación positiva directa con la formación de yemas, apertura floral y cuajado de fruto. En cuanto a precipitación existe correlación negativa o inversa, con el aumento de frutos en maduración. Esta misma variable climática incide en las etapas fenológicas iniciales de manera positiva, mostrando la dependencia de humedad para los procesos de formación y apertura floral.

- Se obtuvieron valores de aborto floral encontrándose que la etapa de floración, constituida por las fases de formación de yemas - cuajado de frutos (>55%), fue la más crítica en comparación a la fase de desarrollo de frutos, fruto verde - fruto maduro (entre 3%-40%), Las causas pueden estar relacionadas con aborto fisiológico, niveles de macro y micronutrientes del suelo, y ataque de patógenos y plagas del fruto.
- La dinámica de crecimiento muestra una primera fase de crecimiento lento, hasta los 45 días, a partir de aquí y hasta los 120 días la curva es más pronunciada mostrando un crecimiento a mayor velocidad o acumulación rápida de biomasa, desde 120 y hasta los 150 días la curva disminuye la pendiente, indicando bajo crecimiento y evidenciando el inicio de la maduración de los frutos. El tiempo transcurrido entre la apertura floral y la madurez de consumo, para este estudio, fue de 150 días en promedio. A los 120 días después de floración, la fruta llega a madurez fisiológica.
- El modelo que mejor describió el crecimiento del fruto, en todos los materiales de guayaba, para las variables de diámetro longitudinal, ecuatorial y peso fresco fue el modelo logístico de tres parámetros. El modelo logístico puede expresar adecuadamente el crecimiento o desarrollo en función del tiempo, que se caracteriza por tener forma sigmoidea, un punto de inflexión y dos asíntotas, una superior y otra inferior. Se expresa por la ecuación $Y = a / (1 + Exp^{(b-c+X)})$, explicando que la variación en "X" (edad), y los coeficientes de variación (a, b, c), se puede predecir "Y", diámetro longitudinal, ecuatorial o peso fresco. Seleccionados por un R² cercano a 1 y bajos valores de Cuadrado medio del Error (MSE) y Desviación estándar (DS).
- En cuanto a los parámetros obtenidos con los modelos de crecimiento se predijo el tamaño y peso máximo potencial de los frutos en los tres materiales de guayaba, encontrándose diámetro longitudinal promedios entre 89,6 mm a 99,5 mm, en diámetro ecuatorial desde 48,8mm hasta 78,6mm y con peso fresco aproximado de hasta 100 gr por fruto. Este tamaño puede ser mejorado con adecuadas prácticas de manejo como raleo de frutos y fertilización, para que en el futuro presente una mejor calidad en la zona de la provincia de Vélez.
- Los tres materiales de guayaba de la provincia de Vélez Santander, tomando en cuenta el peso del fruto, se clasificaron como de calidad regular para consumo en fresco este resultado puede deberse a las condiciones del cultivo (manejo agronómico especialmente en poda y nutrición), los aspectos ambientales como disponibilidad de agua y nutrientes para la planta, afectaran el tamaño final del fruto maduro.

- El análisis de componentes principales PCA, realizado con las variables fisicoquímicas en los diferentes estados de maduración, mostró que la acidez es la principal variable (PCA1), de esta manera los frutos verdes o en madurez fisiológica, poseen mayor acidez en comparación a los frutos en madurez organoléptica, además se estableció la relación inversa entre el % de acidez titulable y la humedad, mostrándose que frutos maduros con mayor humedad poseen menos acidez como un efecto de dilución. El contenido de azúcares medido en grados Brix corresponde a la segunda variable más importante (PCA2), de esta manera se encontró que regional blanca se puede considerar como la guayaba más dulce de la región, seguida de regional roja y en menor proporción guavatá victoria. Es importante la relación existente entre el pH y la firmeza, indicando que a medida que los frutos avanzan en su estado de desarrollo, aumenta el pH de los mismos; pero disminuye la firmeza, debido a que existe un incremento en la velocidad de degradación de las sustancias celulósicas pécticas y por ende el ablandamiento del fruto.
- Los análisis de las características fisicoquímicas en frutos de los tres materiales de guayaba en tres estados de maduración, indican que los °Brix aumentan de acuerdo a la maduración del fruto, debido al incremento de sólidos solubles en las muestras, además el pH presenta un leve incremento junto a la maduración lo cual favorece la hidrólisis o degradación de los carbohidratos poliméricos, los valores de humedad en las muestras presentaron tendencia de aumento de acuerdo a la maduración, por otra parte se observa la disminución de la acidez titulable conforme pasa de un estado de madurez a otro.
- Se encontraron diferencias en las características fisicoquímicas entre los materiales de guayaba, como la acidez titulable en los estados maduros siendo mayor en regional blanca con 0,59; seguido por regional roja con 0,55 y Guavatá victoria con 0,31. Se destaca que Guavatá victoria muestra los porcentajes más bajos de acidez titulable, y valores bajos de grados brix, los ácidos orgánicos tienden a disminuir porque son usados en el proceso de respiración como sustrato, sumado a esto, el aumento de los grados brix de acuerdo al desarrollo de la maduración disminuyen los ácidos y aumenta los azúcares en el fruto. Además se observan diferencias en porcentaje de humedad siendo mayor en Guavatá victoria con 86%, característica que diferencia a los otros materiales, regional roja y blanca con solo 83% de humedad.

RECOMENDACIONES

- Continuar con los estudios en fenología reproductiva y vegetativa de la guayaba, donde se llevan a cabo evaluaciones del ciclo biológico completo de cada material de guayaba, de la misma manera analizar a fondo las diferencias entre los materiales cultivados y su adaptación a zonas o localidades determinadas, tomando en cuenta variables climáticas (condiciones de humedad - temperatura - radiación) y geográficas que sirvan de base para implementar programas de mejoramiento genético en la región.
- Sin un adecuado manejo agronómico del cultivo, difícilmente se podrá competir en el mercado, si se quieren obtener frutos de calidad, que tengan una mejor aceptación en el mercado, se recomienda seguir algunas prácticas como podas de formación, fructificación y fitosanitarias, raleo y embolsado de frutos.
- Resulta importante llevar a cabo otros ensayos, en los cuales se estudie y compare en forma individual cada material bajo condiciones de manejo diferente y su efecto en las características fisicoquímicas de los frutos de guayaba.
- Las prácticas de cultivo deben tomar en cuenta las características climáticas de cada zona, además de su correlación con la fase fenológica del cultivo, es decir, como afecta la baja temperatura en las primeras etapas fenológicas y como la precipitación influye en las etapas donde el fruto está en maduración. Todo esto debe ir acompañado de un adecuado plan de fertilización.
- Tomando en cuenta que el aborto floral es mucho mayor durante la etapa de floración y cuajado de frutos, es necesario realizar inspecciones constantes y prácticas como el control de patógenos y fertilización con el fin de disminuir el alto porcentaje de aborto en estas etapas del desarrollo del fruto.
- Realizar un seguimiento del crecimiento de frutos permitirá a corto y medio plazo tener una aproximación de la edad del fruto, lo cual permitirá a los productores mejorar el tiempo de cosecha con las mejores características de calidad y posibilidad de almacenamiento postcosecha prolongado.
- Las características fisicoquímicas más importantes de los materiales de guayaba evaluados, permitirán a los productores y consumidores diferenciar que materiales pueden ser utilizados para una actividad

determinada o uso final, sea para agroindustria o para consumo directo. Para el consumo en fresco de la fruta y para la industria el punto de cosecha puede ser en frutos con edad superior a 120 días de edad, es decir cuando se observa cambio de color verde oscuro a verde claro brillante y un promedio de grados Brix de 10,5. El punto de cosecha puede estar a partir del estado pintón con un mayor contenido de sólidos solubles. Esto asegura un manejo postcosecha, que permite mantener las condiciones de calidad del fruto.

BIBLIOGRAFÍA

- ✚ AGUSTÍ, Manuel. 2003 Fruticultura. 2da edición. Ediciones Mundi Prensa. España. Pag. 12-20
- ✚ ALVAREZ, A; BOCHE, S. 1999. Modelos Matemáticos para Describir Crecimientos Doble Sigmoides en Frutos de un Nectarín Tardío (c.v. Sun Grand). vol.27, no.1, p.21-28. ISSN 0304-8802. Chile.
- ✚ ARENAS, L; MARIN, M; CASTRO, C; SANDOVAL, L. 1995. Determinación por HPLC de los azúcares en los frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) de una plantación comercial del Municipio Mara. Revista Facultad Agronomía (LUZ), 12: 467~83.
- ✚ ARENAS, L; MARÍN, M; PEÑA, D; TOYO, E. Y SANDOVAL, L. 1999. Contenido de humedad, materia seca y cenizas totales en guayabas (*Psidium guajava* L.) colectadas en granjas del Municipio Mara del estado Zulia. Revista Facultad Agronomía (LUZ). 16: 1 – 10.
- ✚ AVANZA, María. GIMÉNEZ, Laura. MAZZA, Silvia. RODRÍGUEZ, Víctor. 2004. Descripción del Crecimiento de Frutos de Naranja Dulce Mediante el Uso de Modelos No Lineales. Facultad de Ciencias Agrarias- Universidad Nacional del Nordeste. Resumen: A-018.
- ✚ AWAD, M; YOUNG, Roy. 1980. Avocado pectinmethylesterase activity in relation to temperature, ethylene and ripening. Journal of the American Society for Horticultural Science. 105:638-641
- ✚ AZCON-BIETO, Joaquín; TALON, Manuel. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw Hill/Interamericana SA. Primera edición. Barcelona. Pag. 153
- ✚ AZZOLINI, Marisa; JACOMINO, Ángelo; URBANO, Ilana; KLUGE, Ricardo; SCHIAVINATO, Marlene. 2005. Ripening of "Pedro Sato" guava: study on its climateric or non-climateric nature. Brazilian Journal of Plant Physiology. 17 (3): 299-306.
- ✚ BAUTISTA, B.; AREVALE, María; SAUCEDO, C.; MARTINEZ, María. 2005 Proceso de Maduración de frutos de Chicozapote (*Manilkaria sapota* L. (P. Royen)) Tipo fino. Revista Chapingo. Serie horticultura. Vol. 11. No. 2; 387-391. México
- ✚ BASHIR, Hind; ABU-GOUKH, Abu-B. 2003. Compositional changes during guava fruit ripening. Food Chemistry, 80, 557-563.

- ✚ CAÑIZARES, Adolfo; LAVERDE, Diermar; PUESME, R; 2003. Growth and development of guava (*Psidium guajava* L.) fruit in Santa Bárbara, Monagas State, Venezuela. *Revista UDO Agrícola* 3 (1): 34-38.
- ✚ CARABALLO, B. 2001. Biología floral del guayabo (*Psidium guajava* L.) en la Planicie de Maracaibo, Zulia, Venezuela. *Revista Facultad Agronomía (LUZ)*. 18: 41-55.
- ✚ CASIERRA, FANOR; HERNÁNDEZ, DORA; LÜDDERS, Peter y EBERT, Georg. 2003. Crecimiento de frutos y ramas de manzano 'Anna' (*Malus domestica* Borkh) cultivado en los altiplanos colombianos. *Agronomía Colombiana* 21(1-2): 69-74.
- ✚ CASTELAN-ESTRADA, Mepivoset; BECERRIL, Enrique. 2004. Fisiología de la Producción Forzada en Guayaba. II. Nutrientes y Respuesta Floral. *Interciencia*. Vol. 29 N° 12. Pág. 680-685.
- ✚ CAVALINI, Flavia; JACOMINO, Ángelo; LOCHOSKI, Michele; KLUGE, Ricardo; ORTEGA, Edwin. 2006 Maturity Indexes For 'Kumagai' and 'Paluma' Guavas. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP*, v. 28, n. 2, p. 176-179.
- ✚ CHOUZA, Ximena; GRAVINA, Alfredo. 2010. Inducción floral en Citrus. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Departamento de Producción Vegetal. Universidad de la República. Uruguay. Pag 1-2
- ✚ COLLADO, R.; AGRAMONTE, D.; JIMENEZ, F. y RAMIREZ, D. 2005. Estudio en condiciones de campo de líneas en micro propaganda ser seleccionadas de guayaba del cultivar EEA 18-40. *Cultivos tropicales*, vol. 26, No. 26, pág. 21-24.
- ✚ COOMBE, B. 1976. The development of fleshy fruits. *Annual Review of Plant Physiology*. Vol. 27. pp.207-228
- ✚ CORDERO, J.; BOSHIER, D. 2003 (eds). Árboles de Centroamérica. Un manual para extensionistas. Oxford Forestry Institute (OFI, Oxford University, Oxford, UK) and Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE, Turrialba, Costa Rica). Pag 15-20
- ✚ CORDOBA, J. Estudio especial de la guayaba. *Revista Esso agrícola*. Volumen 6. Bogotá. Colombia. 1985. En: MUNEVAR, L. Diagnóstico de la calidad del bocado de guayaba en la industria existente, producción y desarrollo de una propuesta para norma técnica colombiana. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. Colombia. 2000

- ✚ CORPOICA - CIMPA. 2000. La Agroindustria de la Guayaba en la Provincia de Vélez, en el Departamento de Santander, Colombia. Pag 1-30
- ✚ CORPOICA – CIMPA. *et al.* 2007. Acuerdo Regional de Competitividad de la Cadena Productiva de la Guayaba y su Industria de los Departamentos de Santander y Boyacá. Barbosa, Santander. Pag. 5-19
- ✚ FARFAN, Pedro; INSUASTY, Orlando; CASIERRA, Fanor. 2006. Distribución espacio temporal y daño ocasionado por *Pestalotia* spp. en frutos de guayaba. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 7(2), 89-98.
- ✚ FERREYRA, Raúl; SELLES VAN, Gabriel; BURGOS, Loreto; VILLAGRA, Paulina; SEPÚLVEDA, Paulina; LEMUS, Gamalier. 2010. Manejo Del Riego en Frutales en Condiciones de Restricción Hídrica. Boletín INIA, Numero 214. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Santiago, Chile. Pag 30-35
- ✚ GASPAR, Luis. 2008 Nutrición del cultivo de tomate para industria. Agro estrategias. Maipú 2507-CO S2000FSR. Argentina. Pag 15-22
- ✚ GASTIAZZORO, Juliana. 2009a. Fenología Agrícola. Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola, Unidad 4. La temperatura como factor biometeorológico en vegetales. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Comahue, Argentina. [Consultado: Sep. 2011]. Disponible en: <<http://climatologiafca.host56.com/presentaciones/tema4.pdf>>
- ✚ GASTIAZZORO, Juliana. 2009b. Fenología Agrícola. Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola, Bioclimática Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Comahue, Argentina. [Consultado: Nov. 2011]. Disponible en: <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/clima/Fenogia-%20Ledesma.pdf>
- ✚ GIL, Fernando. Tratado de arboricultura frutal VOL I. Morfología y Fisiología del árbol frutal. Cuarta edición. Mundi-Prensa S.A. 1995.
- ✚ GULL, Javaria; SULTANA, Bushra; ANWAR, Farooq; NASEER, Rehana; ASHRAF, Muhammad and ASHRAFUZZAMAN, M. 2012. Variation in Antioxidant Attributes at Three Ripening Stages of Guava (*Psidium guajava* L.) Fruit from Different Geographical Regions of Pakistan. Molecules -17, 3165-3180. ISSN 1420-3049.
- ✚ HERNÁNDEZ, C.; MARTÍNEZ, O.; FERNÁNDEZ, J.P.; HERNÁNDEZ, M.S.; CARRILLO, M.P. AND BARRERA, J. 2010. Physiological Behavior

and Quality during Growth of Copoazú Fruit. ISHS. Acta Horticulturae 877. Pag 34-50

- ✚ HERNÁNDEZ-PEREZ, Talía; CARRILLO, Armando; GUEVARA, Fidel; CRUZ, Andrés & PAREDES, Octavio. 2005. Plant Foods Human Nutrition. 60:195- 200. Citado en: MONDRAGÓN, Candelario; TORIZ, Luis; GUZMÁN, Salvador. 2009. Caracterización de selecciones de guayaba para el Bajío de Guanajuato, México. Agricultura Técnica en México Vol. 35 Núm.3. p. 315-322.
- ✚ JAIN, Nisha; DHAWAN, Kamal; MALHOTRA, Sarla; SINGH, Randhir. 2003. Biochemistry of Fruit Ripening of Guava (*Psidium guajava* L.): Compositional and Enzymatic Changes. Plant Foods for Human Nutrition 58: 309–315.
- ✚ JUDD, Walter; CAMPBELL, Christopher; KELLOGG, Elizabeth; STEVENS, Peter; DONOGHUE, Michaels. 2002. Plant systematics: a phylogenetic approach, Second Edition. Sinauer Axxoc, USA. Pag 223
- ✚ KAYS, Stanley. 2004. Postharvest biology. Exon Press, Athens, Georgia. 568 p. Citado en: COMBARIZA, LUIS. NEIRA, CESAR. FISCHER, GERHARD. CORREDOR, GUILLERMO. QUINTERO, OMAR. Crecimiento, producción y calidad de fruta en feijoa [*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret] en respuesta al nitrato de potasio, fosfato de potasio y ethephon. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas - Vol. 1 - No.2 Pag. 170-181, 2007
- ✚ KOCH, Elisabeth; BRUNS, Ekko; CHMIELEWSKI, Frank; DEFILA, Claudio; LIPA, Wolfgang. 2006. Guidelines for Plant Phenological Observations. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Austria. Pag 58-68
- ✚ LAGUADO, Ninoska; BRICEÑO, Omar; ROJO, Rod; ESPARZA, D; ARENAS, Luis y FERRER, H. 1995. Efecto de la fertilización y del estado de madurez sobre la calidad de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). Revista Facultad Agronomía (LUZ). 12(4): 437-449.
- ✚ LAGUADO, Ninoska; MARÍN, Merilyn; ARENAS, Luis; CASTRO, Carlos. 1998. Relationship among ripen indexes of guava (*Psidium guajava* L.) var. Dominicana Roja fruits. Revista Facultad Agronomía (LUZ). 15: 422-428.
- ✚ LAGUADO, Ninoska; PÉREZ, Eduardo; ALVARADO, C. y MARÍN, Merilyn. 1999. Physicalchemical and physiological characteristics of guava fruits of Criolla Roja and San Miguel types from two commercial plantations. Revista Facultad Agronomía (LUZ). 16:382- 397.

- ✚ LAGUADO, Ninoska; MARIN, Merilyn; ARENA, Luis; ARAUJO, F; CASTRO, Carlos; RINCON, A. 2002. Criolla Roja type guava fruit (*Psidium guajava* L.) growth. Revista Facultad Agronomía. (LUZ). 19: 273-283.
- ✚ LAGUADO, Ninoska; MARIN, Merilyn. 2004. Changes in the content of glucose and sucrose during the development of guava fruits (*Psidium guajava* L.). Revista Facultad Agronomía (LUZ). 21 Supl. 1: 299-305.
- ✚ LARA, Cecilia. NERIO, Luz. OVIEDO, Luis. 2007. Evaluación Físicoquímica y Bromatológica de la Guayaba Agria (*Psidium araca*) en dos Estados de Maduración. Temas Agrarios - Vol. 12:(1), pp.13 - 21
- ✚ LARCHER, Walter. 2000 Ecofisiología Vegetal. PRADO, C.H.B.A. (trad.) São Carlos: Ri Ma Artes e Textos. 531p.
- ✚ LECLERC, Jean-Claude. 2003. Plant Ecophysiological. Science Publishers, INC. End field, New Hampshire. USA.
- ✚ LOMBARDO, Pamela; VIGNALE, Beatriz; CABRERA, Danilo; SPERONI, Gabriela y RODRÍGUEZ, Pablo. 2010. Fenología Floral y Autocompatibilidad en Guayabo del País (*Acca sellowiana* (Berg) Burret). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Uruguay. [online] 2010. [Citado 12 de febrero de 2012] Disponible en Internet: http://www.montenativo.org.uy/adm/archivos/publicacion_38.pdf
- ✚ LOPES, Luiz. SALES, Cláudia. DE MELO, Inorbert. VALENTIM, Marlon. PAGOTTO, Cláudio. DESSAUNE, Flávio. Fenologia da Goiabeira 'Paluma' sob Diferentes Sistemas de Cultivos, Épocas e Intensidades de Poda de Frutificação. Bragantia, Campinas, v.67, n.3, p.701-712, 2008
- ✚ LOPEZ, Enrique. MERCADO, Edmundo. 2005. Cambios fisiológicos y de calidad en guayaba mínimamente procesada. Simposium "Nuevas tecnologías de conservación y envasado de frutas y hortalizas. Vegetales frescos cortados". 41. Cuba.
- ✚ LOZANO, J.C.; TORO, J.C.; GRACÍA, R. y TAFUR, R. 2005. Manual sobre el cultivo del guayabo en Colombia. Cali, Colombia, 2002. 278 p. En: SANABRIA, Hilsy; GARCIA, Mario; DIAZ, H.; MUÑOZ, Jaime. Caracterización morfológica en árboles nativos de guayaba en el Valle del Cauca. Acta Agronómica, Vol. 54, No. 4.
- ✚ MARIN, M. et al. 2000. Comportamiento de tipos de guayabo (*Psidium guajava* L.), injertados sobre *Psidium friedrichsthalianum* Berg-Niedenzu. Revista Facultad Agronomía (LUZ). 17: 384-392

- ✚ MARSCH, Nayelli; ZÚÑIGA, Víctor; REYES, Jose; SALAZAR, Octavio; FOLTER, Stefan. Genómica Funcional de Plantas: Estudio del Desarrollo de Flores y Frutos. Acta Universitaria, Vol. 19, Núm. 1. pp. 21-29. Universidad de Guanajuato. México. 2009
- ✚ MATA, I.; RODRÍGUEZ, A. 1990. Aspectos de Cultivo y producción del Guayabo. Editorial Trillas, México. Citado en: CAÑIZARES, Adolfo; LAVERDE, Dierman. PUESME, R. 2003. Growth and development of guava (*Psidium guajava* L.) fruit in Santa Bárbara, Monagas State, Venezuela. Revista UDO Agrícola 3 (1): 34-38.
- ✚ MEDINA, M.; PAGANO. F. 2003. Characterization of guava pulp (*Psidium guajava* L.) “Criolla Roja”. Revista Facultad Agronomía (LUZ). 20: 72-86.
- ✚ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 2003. Censo piloto 2003 de las principales frutas promisorias y agroindustriales, Cundinamarca y Boyacá. Bogotá, Colombia.
- ✚ MONDRAGÓN, Candelario; TORIZ, Luis; GUZMÁN, Salvador. Caracterización de selecciones de guayaba para el Bajío de Guanajuato, México. Agricultura Técnica en México Vol. 35 Núm.3. p. 315-322. 2009.
- ✚ MONROY, Rafael; INSUASTY, Orlando. 2006. Biología del Picudo de la guayaba *Conotrachelus psidii* (Marshall) (Coleoptera: Curculionidae). Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 7(2), 73-79.
- ✚ MOO, Víctor. 2008. Frutas y hortalizas. Instituto Tecnológico Superior de Calkiní en el Estado de Campeche (ITESCAM) México. Online: http://www.itescam.edu.mx/principal/webalumnos/sylabus/asignatura.php?clave_asig=IAM-0532&carrera=IIAL-2005&id_d=113
- ✚ MUNEVAR, Lucy. 2000. Diagnóstico de la calidad del bocadillo de guayaba en la industria existente, producción y desarrollo de una propuesta para norma técnica colombiana. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. Colombia.
- ✚ MURILLO, Olga. 2004. Ficha Técnica Industrialización de la Guayaba (*Psidium guajava* L). CNP Dirección de Mercadeo y Agroindustria Área Desarrollo de Producto. Costa Rica.
- ✚ NAVA, Agustín; GONZALES, Víctor; SANCHEZ, Prometeo; PEÑA, Cecilia; LIVERA, Manuel; DIAZ, Gémina. 2003. Potencial de producción y fisiología de guayaba (*Psidium guajava* L.) en iguala guerrero. En: PADILLA, J; REYES, L; GONZALES, E; PERALES, M. (Eds). Memoria. Primer simposio internacional de la guayaba. Aguascalientes, México.

- ✚ NUEZ, Fernando; GIL, Ramiro; COSTA, Joaquin. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ediciones Mundi-prensa. Madrid. Barcelona. México; 61, 76, 105, 111
- ✚ OCAMPO, Fabiola. NUÑEZ, Victor. 2007. Propagación in vitro de *Psidium guajava* L. mediante organogénesis directa a partir de segmentos nodales. Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Vol. 8(1), 22-27. Colombia.
- ✚ ORTEGA, O. 1971. Relación entre la fecha de inicio del riego y las fechas de floración y fructificación de la Guayaba en Calvillo, Ags. México. Revista Fitotécnica 2:34-35. México.
- ✚ PADILLA, Saul. GONZALES, Ernesto. REYES, Luis. PERALES, Miguel. MERCADO, Edmundo. MAYEK, Netzahualcoyotl. 2003. Caracterización de germoplasma de guayabo de la región Calvillo Quiñones. En: PADILLA, J; REYES, L; GONZALES, E; PERALES, M. (Eds). Memoria. Primer simposio internacional de la guayaba. Aguascalientes, México.
- ✚ PEREIRA, W.; D'ARAUJO, F.; LOPES, D.; HORST, C.; CECON, P.; SANTOS, R. 2000. Rendimiento e Algunas Características Físico-Químicas dos Frutos de Seis Variedades de Goiabeira Desenvueltos em Condições de Déficit Hídrico. Revista Ceres. 272: 349-362
- ✚ PEREZ, Mercedes. La fenología como herramienta en la agroclimatología. 2007 [en línea] InfoAgro, INIA-CENIAP-IIRA-Agroclimatología [Consultado: Nov. 2010] Disponible en: <<http://www.infoagro.com/frutas/fenologia.htm>>.
- ✚ PÉREZ, Mercedes. y PUCHE, M. 2003. La temperatura como herramienta en la predicción agroclimatológica aplicada a la producción de frutales. CENIAP HOY N° 3. Maracay, Aragua, Venezuela. [en línea] Cadena Hortofrutícola [Consultado: Mayo. 2011] Disponible en: <www.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/567temperatura_herramienta_prediccion_agroclimatologica_aplicada_produccion_frutales.doc>
- ✚ PROENÇA, Carolyn; GIBBS, Peter. 1994. Reproductive Biology of Eight Sympatric Myrtaceae from Central Brazil. New Phytologist, Vol. 126, No. 2. Pag. 343-354.
- ✚ RAMÍREZ, Nelson. 2009. Correlaciones Entre la Fenología Reproductiva de la Vegetación y Variables Climáticas en los Altos Llanos Centrales Venezolanos. Acta Botánica Venezuelica. 32 (2): 333-362.

- ✚ RATHORE, Dinesh-Singh. 1976. Effect of season on the growth and chemical composition of Guava (*Psidium guajava* L.) fruits. *Journal of Horticulturae Science*, 41:41- 47.
- ✚ RODRÍGUEZ, Gonzalo; RANGEL, Cristina. 2005. Estudio Del Sistema Agroalimentario Localizado, SIAL, de la Concentración de Fábricas de Bocado de Guayaba en las Provincias de Vélez Y Ricaurte en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. ISBN: 958-8210-85-2
- ✚ ROJAS-LARA, P.; PÉREZ-GRAJALES, M.; COLINAS-LEÓN, M.; SAHAGÚN-CASTELLANOS, J.; AVITIA-GARCÍA, E. 2008. Modelos Matemáticos para Estimar el Crecimiento del Fruto de Chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P) *Revista Chapingo. Serie horticultura*, Vol. 14, Núm. 3, pp. 289-294. México
- ✚ ROLZ, C. 1972. Chemical changes and fruits quality during ripening of tropical fruits. *Turrialba* 22(1): 65-72
- ✚ RUIZ, A. 1991. Caracterización Fenológica del Guayabo (*Psidium guajava* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. p. 78. Citado en: PEREZ, Mercedes. La fenología como herramienta en la agro-climatología. 2007 [en línea] InfoAgro, INIA-CENIAP-IIRA-Agroclimatología [Consultado: Nov. 2010] Disponible en: <<http://www.infoagro.com/frutas/fenologia.htm>>.
- ✚ SAENZ, Alberto; D'ALOLIO, Omar. 2007. Caracterización de frutos poscosecha en guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivar Tai-kuo-bar, principales daños y defectos. Consejo Nacional de Producción-Dirección de Calidad Agrícola. Costa Rica.
- ✚ SALAZAR, D.; MELGAREJO, P.; MARTINEZ, R.; MARTINEZ J.; HERNANDEZ F.; BURGUERA, M. 2006. Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.). *Scientia Horticulturae* 108. 157–161.
- ✚ SANABRIA, Hilsy; GARCIA, Mario; DIAZ, H.; MUÑOZ, Jaime. 2005. Caracterización morfológica en árboles nativos de guayaba en el Valle del Cauca. *Acta Agronómica*, Vol. 54, No. 4.
- ✚ SOLARTE, María Elena; INSUASTY, Orlando; MELGAREJO, Luz Marina. 2010 b). Calendario fenológico de la guayaba en la hoya del Rio Suarez. En: Morales, A. L. y Melgarejo, L.M, (Eds). Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la Guayaba (*Psidium guajava* L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva. Universidad Nacional de Colombia.

- ✚ SOLARTE, María Elena; ROMERO, Mauricio; MELGAREJO, Luz Marina. 2010 a). Caracterización eco-fisiológica de la guayaba de la Hoya del Río Suarez. En: Morales, A. L. y Melgarejo, L.M, (editoras). Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la Guayaba (*Psidium guajava* L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva. Universidad Nacional de Colombia.
- ✚ STEPHENSON, A.G. 1981. Flower and Fruit Abortion: Proximate Causes and Ultimate Functions. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. 12:253-79
- ✚ TORRES, Clara. (Ed) 2002. Manual Agropecuario, Tecnologías Orgánicas de la Granja Integral Autosuficiente. Quebecor World Bogotá S.A. Tomo 1. Pág. 802.
- ✚ TROGME, Serge. 1979. Suelo y Fertilización en Fruticultura. Ediciones Mundiprensa. España.
- ✚ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. 2006. Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la guayaba (*Psidium guajava* L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva.
- ✚ VIDAL, José. Efectos Del Factor Térmico en el Desarrollo y Crecimiento Inicial de Pimiento (*Capsicum Annuum* L.) Cultivado en Campo. Tesis para el grado de Magíster. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucuman. 2009
- ✚ VILLALPANDO, José. Y RUIZ, José. 1993. Observaciones agrometeorológicas y su uso en la agricultura. Editorial Lumusa, México. 133 p. PEREZ, M. y PUCHE, M. La temperatura como herramienta de predicción agroclimatológica aplicada a la producción de frutales. CENIAP HOY. Número 3. 2003
- ✚ WILLS, R.; LEE, T.; MCGLASSON, W.; HALL, E. & GRAHAM, D. 1992. Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas en Post-recolección. Editorial Acribia Barcelona, 270p.
- ✚ WILSON, CH. W. 1980. Guava. p. 279 – 299. En: NAGY, S. SHAW, P. E. (Eds.). Tropical & Subtropical Fruits. Composition, properties and uses. The AVI Publishing Company. Westport, Connecticut.
- ✚ YAM, José. VILLASEÑOR, Carlos. ROMANTCHIK, Eugenio. SOTO, Martín y PEÑA, Miguel. Una revisión sobre la importancia del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.) y sus principales características en la postcosecha. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 19, No. 4, 2010

- ✚ A.O.A.C. 10.041/84
- ✚ A.O.A.C. 31.231/84, 942.15/90. Adaptado
- ✚ A.O.A.C. 22.024/84, 932.12/90 Adaptado
- ✚ A.O.A.C. 7.003/84, 930.15/90 Adaptado