

Eventos fenológicos de guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo “Regional Roja” dentro del periodo Enero-Abril del 2010, bajo condiciones de campo, en CORPOICA estación experimental CIMPA, Barbosa, departamento Santander, Colombia.

Gloria Alejandra Kopp Bernal

Trabajo de grado para optar por el título de Bióloga

Directora:

Luz Marina Melgarejo

Ph.D. en Ciencias Químicas Bioquímicas vegetal

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Bucaramanga

2017

Agradecimientos

En primer lugar les quiero dar gracias y dedicar ésta labor a mis padres espirituales y a mi Dios MelquisedecLisbet por confiar en mí, por ser mi mayor motivación y mi ejemplo, sin ellos no tendría sentido obtener el título, pero ahora mi título es de ustedes, los amo eternamente.

Dar gracias a mi familia, especialmente a mi papá Eugenio Kopp porque nunca perdió su confianza en mí y me apoyó, así no estuviera de acuerdo en muchas decisiones. Un especial agradecimiento a mi esposo Gilberto Suárez que no permitió que me rindiera y que tiene una capacidad de ver tantas cosas buenas en mí que yo no alcanzo a ver en muchas situaciones.

Muy agradecida con mi directora Luz Marina Melgarejo por su paciencia, tiempo, conocimiento y una experiencia a conocer otra visión del conocimiento que no tenía como profesional. Muy satisfecha por la orientación, buena dirección y entrega de la estudiante de doctorado y actualmente Dra. María Helena Solarte a la cual pude colaborar como pasante. Y por supuesto gracias a mi alma mater y profesor Humberto García por esta bella formación, ser buena en lo que hago y hacer las cosas siempre bien, además a todas las bellas amistades que conseguí en este bello camino.

Finalmente, a las entidades financiadoras Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Corpoica sede Cimpa, Comestibles El éxito y Universidad Nacional de Colombia, mediante el proyecto **“Caracterización ecofisiológica de variedades de guayaba por función de uso”** Contrato 094-1/06 sin cuyos recursos este proyecto no hubiese podido llevarse a cabo.

Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Objetivos	15
1.1 Objetivo General	15
1.2 Objetivos Específicos.....	16
2. Competencias	16
3. Marco Teórico.....	17
3.1 Familia Myrtaceae	17
3.1.1 Especie <i>Psidium guajava</i> L.....	18
3.1.2 Importancia económica.....	19
3.2 Fenología.....	20
3.3. Código BBCH.....	23
3.3.1 Principios básicos de la escala (Meier 2001).....	24
3.3.2 Organización de la escala.....	25
3.4 Curvas de crecimiento.....	26
3.5 Régimen Hídrico	27
4. Materiales y Métodos.....	28
4.1 Área de estudio	28
4.2 Captura de información.....	29

4.3 Análisis de los datos.....	31
5. Resultados	31
5.1 Caracterización fenologica de la Guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.) del tipo regional roja, de acuerdo con la escala bbch.....	31
5.1.1 Fenología en estado vegetativo de guayaba.....	32
5.1.2 Fenología en estado reproductivo de guayaba	36
5.2 Cambios de magnitud del diametro longitudinal en ramas (fase vegetativa en guayaba)	40
5.3 Comportamiento de la precipitación.....	42
6. Discusión de resultados.....	44
6.1 Código BBCH y fenología.....	44
6.2 Curvas de crecimiento.....	46
6.3 Régimen de lluvias.....	47
7. Conclusiones	49
Referencias Bibliográficas	50
Apéndices.....	57

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Descripción código BBCH de los estadios secundarios de desarrollo para <i>Psidium guajava</i> L. (tipo Regional Roja). Registro realizado en Barbosa-Santander. Monitoreo entre 26 enero de 2010 a 28 abril de 2010.	32
Tabla 2. Escala BBCH establecida para los estados vegetativos 0 (desarrollo de las yemas vegetativas) y 1 (desarrollo de las hojas) de <i>Psidium guajava</i> L. (Regional Roja) bajo condiciones de campo en el huerto élite de la estación experimental CIMPA – Barbosa, Santander.....	33
Tabla 3. Escala BBCH establecida para los estadios 5 (aparición del órgano floral) y 6 (floración) de <i>Psidium guajava</i> L. (Regional Roja) bajo condiciones de campo, con su duración en Días después de brotación del botón floral DDB en el huerto élite de la estación experimental CIMPA-Barbosa, Santander.	37

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Huerto élite de la estación experimental CIMPA. Municipio de Barbosa, vereda: Centro; donde se destaca la ubicación de la variedad utilizada en el estudio.....	29
Figura 2. Metodología utilizada para la captura de información en el árbol de guayaba (<i>Psidium guajava</i> L) de tipo Regional Roja.....	30
Figura 3. Estados fenológicos más importantes de <i>Psidium guajava</i> L. (Regional Roja) de acuerdo a la escala BBCH en estado vegetativo, bajo condiciones de campo en el huerto élite de la estación experimental CIMPA – Barbosa-Santander; enero a Abril de 2010. Estado 00: yema vegetativa, Estado 01: yema vegetativa hinchada, Estado: 07 comienza el crecimiento del cogollo; Estado 11: las primeras hojas que brotan, Estado 15: más hojas desplegadas, Estado 19: hojas completamente desarrolladas. Fotografías tomadas por: Gloria Alejandra Kopp Bernal ...	34
Figura 4. Dinámica de crecimiento y desarrollo de ramas nuevas en <i>Psidium guajava</i> L. (Regional Roja). Barbosa, Santander. 2010 DDD= Días después de la Dormancia.	35
Figura 5. Composición porcentual de las yemas vegetativas de árboles de guayaba tipo Regional Roja, a través del tiempo, bajo condiciones de Barbosa-Santander. Se representan yemas vivas, yemas abortadas y para el último día dentro de las yemas vivas se saca un grupo de yemas que se mantuvieron estancadas en crecimiento.....	36
Figura 6. Estados fenológicos de <i>Psidium guajava</i> L. (Regional Roja) de acuerdo a la escala BBCH, en estado reproductivo, bajo condiciones de campo en el huerto élite de la estación	

experimental CIMPA- Barbosa, Santander. Estado 51: Emergencia del botón floral, Estado 55: Bulbo del botón floral visible, Estado 57: Pétalos se alargan; Estado 60: Floración. Fotografías tomadas por: Gloria Alejandra Kopp Bernal.	38
Figura 7. Composición porcentual de las yemas florales en <i>Psidium guajava</i> L. (Regional Roja).bajo condiciones de campo, en el huerto élite de la estación experimental CIMPA-Barbosa, Santander.....	39
Figura 8. Promedio \pm desviación estándar del diámetro longitudinal basal, en centímetros, a través del tiempo en ramas nuevas de <i>Psidium guajava</i> L. (Regional Roja).	41
Figura 9. Curva de crecimiento en ramas nuevas que obtuvieron crecimiento total, en <i>Psidium guajava</i> L. (RR). Modelo polinomial de 3er grado. Barbosa, Santander. $R^2= 0,7232$	42
Figura 10 .Comportamiento de la precipitación en la estación experimental CIMPA (Barbosa, Santander). Promedio histórico 10 años (barras) y precipitación microclima (Julio 2009- Junio de 2010) (-O-).	43

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A: Tabla Características principales del fruto <i>Psidium guajava</i> L. variedad Regional Roja (RR)	57
Apéndice B: Tabla Código BBCH para frutales de pepita (Meier 2001)	58
Apéndice C: Tabla. Estadios principales de crecimiento según escala BBCH extendida	60
Apéndice D: Aparición de yemas florales a través del tiempo DDD (Enero- abril 2010) en el árbol de <i>Psidium guajava</i> L. (RR) bajo condiciones de campo, en el huerto élite de la estación experimental CIMPA	61
Apéndice E: Curva de crecimiento ajustada para todas las yemas vegetativas de <i>Psidium guajava</i> L. (Regional Roja). CIMPA Barbosa, Santander. Modelo polinomial 3 ^{er} grado. $R^2=0,43$	62
Apéndice F: Porcentaje de sobrevivencia de las yemas vegetativas en las plantas de <i>Psidium guajava</i> L. (Regional Roja) después de DDD. Barbosa, Santander.	63
Apéndice G Precipitación total anual y promedio mensual (mm) desde 1988 hasta 2014, huerto élite de la estación experimental CIMPA.	64
Apéndice H Número de días lluviosos por mes; año 2010, huerto élite de la estación experimental CIMPA	65
Apéndice I Precipitación total mensual año 2010, huerto élite de la estación experimental CIMPA	66

Resumen

Título: Eventos fenológicos de guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo “Regional Roja” dentro del periodo Enero-Abril del 2010, bajo condiciones de campo, en CORPOICA estación experimental CIMPA, Barbosa, departamento Santander, Colombia*

Autor: Gloria Alejandra Kopp Bernal**

Palabras Clave: *Psidium guajava* L., Fenología, BBCH, curvas de crecimiento, Precipitación.

Descripción:

En Colombia los estudios fenológicos en *P. guajava* L. son escasos y pocos son los reportes sobre su codificación al sistema BBCH. El presente estudio tuvo como objetivo establecer los eventos fenológicos de *P. guajava* L. del tipo Regional Roja, durante Enero-Abril 2010, bajo condiciones de campo, en Corpoica CIMPA, Santander-Colombia. Se registraron y fotografiaron sucesos que iban apareciendo en 540 yemas vegetativas escogidas aleatoriamente y después en yemas florales; conjuntamente se midió el diámetro longitudinal (DL) de cada yema vegetativa. Mediante el Software SigmaStat 3.5 se hizo estadística descriptiva y se construyeron curvas de crecimiento para la variable DL. En la caracterización fenológica de la guayaba se encontraron 4 fenofases de crecimiento principal las cuales corresponden a: desarrollo de las yemas vegetativas, desarrollo de las hojas, aparición de los órganos florales y floración, siendo estos codificados al sistema BBCH. El patrón de crecimiento de las yemas vegetativas es de tipo sigmoide simple. Además de esto se presentaron pérdidas de yemas vegetativas en un 72%, siendo una posible causal la escasez de agua, debido a que durante la época de toma de datos se presentaron variaciones climáticas relacionadas con el fenómeno El Niño. Finalmente, el ciclo reportado aquí es congruente con lo reportado con literatura, por lo cual se recomienda hacer este tipo de estudios de forma continua en múltiples ciclos fenológicos, para así tener mayor entendimiento del comportamiento de la planta en función del ambiente y poder aplicar tratamientos en función de las etapas fenológicas de la planta.

* Tesis de grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Directora: Luz Marina Melgarejo, Doctora en Ciencias Químicas Bioquímicas vegetal

Abstract

Title: Phenological stages of the Guava tree (*Psidium guajava* L.), red creole type, during January to April of 2010 under field conditions in CORPOICA- CIMPA experimental station, Barbosa, department of Santander, Colombia.*

Author: Gloria Alejandra Bernal Kopp**

Keywords: *Psidium guajava* L., Phenology, BBCH, growth curves, rainfall.

Description:

In Colombia, phenological studies of the plant *Psidium guajava* L. are scarce and there are no reports on the BBCH coding system. This study aims to establish the phenological stages of *Psidium guajava* L. Red Creole type during January to April of 2010, under field conditions, in Corpoica - CIMPA, Santander-Colombia. Events were reported and photographed in 540 randomly selected vegetative buds and flower buds. Also, the longitudinal diameter (DL) of each vegetative bud was measured. Descriptive statistical parameters were calculated using the software SigmaStat 3.5 and growth curves for the DL variable were constructed. During phenological characterization of the Guava tree, four phenophases growth were found which corresponded to 1) development of vegetative buds, 2) leaf development, 3) development of floral organs and 4) Bloom, being these stages coded to the BBCH system. The growth pattern of the vegetative bud burst is simple sigmoid type. In addition, a loss of the 72% of the vegetative buds was reported, Being a possible cause the shortage or inefficient use of water which was related to the weather variation (El Niño). Finally, the cycle reported in this study is consistent with previous reports found in the literature, so it is recommended to do future studies related to multiple phenological cycles of this plant, to have a better understanding of its behavior depending on the environment and its treatments depending on the physiological stages of the plant.

* Bachelor Thesis

** Faculty of Science. Biology School. Tutor: Luz Marina Melgarejo, Doctora en Ciencias Químicas Bioquímicas vegetal

Introducción

En Colombia, hace 10 años se producían 75.000 t de guayaba; sin embargo, por la demanda de la industrialización y el consumo en fresco este panorama ha cambiado (Gómez 2000; Insuasty et al., 2007). En la actualidad el área cultivada de frutales es aproximadamente de 241.696 ha representado por 47 especies cuya producción es cercana a los 3.305.049 t/año, de las cuales 121.773 t/año en promedio corresponde a la producido por el cultivo de guayaba, posicionándola en el quinto lugar de producción en el país (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012).

El principal productor de este frutal es el departamento del Meta con el 28% de la producción nacional, seguido por el departamento de Santander con 25.5% y Boyacá con el 18% (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012). En el departamento de Santander, los cultivos están concentrados en los municipios de Vélez, Guavatá, Puente Nacional, Barbosa y Jesús María que corresponden a la hoya del río Suárez, y otros como Florián, Guadalupe, Oiba, Charalá y Lebrija (Insuasty et al., 2007).

En la subregión de la hoya del río Suárez se encuentran ecotipos de guayaba como la Regional Roja con aproximadamente 80% del área sembrada y Regional Blanca con un 20%, hay otros tipos en menores cantidades (Insuasty et al., 2007). Por otra parte, en esta subregión se presentan cerca de 11.360 ha destinadas a este cultivar con una producción estimada de 8.180 t/año, de esta producción alrededor del 31% se destina a la industria del bocadillo (Carabali et al., 2015). En la zona hay cerca de 131 empresas dedicados a la labor de elaboración de bocadillo, empleando cerca

de 7.000 personas para el proceso de transformación cuya producción anual se valora en más de US\$24 millones (Asociación Hortifrutícola de Colombia 2014).

La producción se realiza principalmente en sistemas silvopastoriles donde los árboles de guayaba están esparcidos en potreros sin técnica ni cuidado alguno, se desarrollan en pequeñas unidades de economía campesina en áreas aproximadas de 2 ha (Insuasty et al., 2007; Solarte et al., 2010a). La explotación se realiza en un 80% por la mano de obra familiar destacándose la labor de la mujer (Carabali et al., 2015). El Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural en el 2011 estima que en todo el territorio nacional la mano de obra en la recolección y empaque de la guayaba es de 1.140.000 jornales/año y el número aproximado de productores es de 40.800 personas donde se desencadenan 25.000 empleos permanentes (Carabali et al., 2015).

A pesar de la importancia económica, social y en la agroindustria, el cultivo de guayaba exhibe un marcado atraso tecnológico y de conocimiento que afecta su competitividad en los mercados y se ve reflejado en la inestabilidad de la oferta, bajos rendimientos del cultivo, deficiencias en la calidad y altos costos de producción (Asociación Hortifrutícola de Colombia 2014). Además, se suman graves problemas fitosanitarios como lo son la mosca de la fruta del mediterráneo (*Anastrepha* spp.) y el picudo (*Conotrachelus* spp.) (Núñez et al., 2014; Insuasty et al., 2007). Carabali et al., en el 2015 reportaron 3 nuevas plagas, que son el gusano anillador (*Carmenita theobromae*), gusano tornillo (*Simplicivalva ampliophilobia*) y el gusano enrollador (*Strepsicrates smithiana*).

Por otra parte, la estacionalidad en la producción se presenta como un problema debido a que se concentra en un tiempo muy corto, ocasionando la saturación del mercado, la oferta alta, la caída del precio y la pérdida de fruta por la no recolección (Rangel 1996; Gómez 2000; Insuasty et al., 2007)

Abordar el problema mencionado con la ayuda del estudio fenológico es importante para comprender cómo funciona el ciclo de vida del árbol de guayaba y su relación con el tiempo y las variaciones estacionales del clima (Schwartz 2013), dando solución a muchos retos que actualmente presenta este cultivo. En Colombia los estudios fenológicos en *Psidium guajava* L. son escasos (Solarte 2013).

Uno de los métodos utilizados en fenología es la escala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry), este es un sistema que tiene como fin unificar las observaciones fenológicas utilizando una codificación decimal sencilla, desde el inicio hasta el final de los estadios de crecimiento para todas las especies de plantas mono y dicotiledóneas (Meier 2001; Koch et al., 2007).

Conocer el ciclo fenológico anual de *Psidium guajava* L. y codificarlo al sistema BBCH, contribuye a entender el desempeño fisiológico de este frutal, mejorar la productividad del cultivo, el manejo agronómico y llegar a obtener desfases de cosechas para así suplir la demanda del mercado en épocas de baja producción de fruta; además servirá para saber en qué fases aplicar un respectivo tratamiento como fertilizantes, control de plaga, enfermedades, podas, entre otras.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Establecer los eventos fenológicos de *Psidium guajava* L. del tipo Regional Roja, durante Enero-Abril del 2010 que corresponde a la época de cosecha de mitaca, bajo condiciones de campo, en Corpoica, estación experimental Cimpa, Barbosa, departamento de Santander, Colombia.

1.2 Objetivos Específicos

- Determinar las fenofases de guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo “Regional Roja” dentro del periodo Enero-Abril del 2010, en CORPOICA estación experimental CIMPA. Barbosa, departamento de Santander, Colombia.
- Codificar las fases fenológicas de guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo “Regional Roja” dentro del periodo Enero-Abril del 2010 con la escala general BBCH, realizando énfasis en generación de nuevas ramas y flores.
- Elaborar curvas de crecimiento de ramas de árboles de guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo “Regional Roja” dentro del periodo Enero-Abril del 2010, en CORPOICA estación experimental CIMPA, Barbosa, departamento de Santander, Colombia.
- Establecer si hay alguna relación entre las fases fenológicas presentadas en el período Enero-Abril 2010, en árboles de guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo “Regional Roja” y la precipitación.

2. Competencias

- Capacidad para desarrollar un protocolo metodológico en campo relacionado con el seguimiento, toma de información y análisis de los eventos fenológicos de guayaba material Regional Roja.

- Implementar y aplicar el sistema general BBCH, a partir de yemas productivas de ramas, de la variedad “Regional Roja”.
- Capacidad para sistematizar información y elaborar un informe o artículo que contenga los principales resultados obtenidos del trabajo.

3. Marco Teórico

3.1 Familia Myrtaceae

Las Myrtaceae son una familia de plantas ampliamente distribuidas, con mayor diversidad en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Wilson et al., 2001). Los caracteres diagnósticos son: árboles y arbustos de hojas usualmente simples opuestas con puntos glandulares, flores generalmente de pétalos blancos, comúnmente con estambres numerosos, ovario ínfero y frutos habitualmente tipo bayas (Stevens 2012).

El reporte actual del número de géneros y número de especies a nivel mundial es 129 y 5330, respectivamente (Stevens 2012), registrándose para Colombia 24 géneros y 165 especies de la familia (Parra 2014). Del género *Psidium* L. se han descrito entre 12 y 13 especies (Parra 2014), siendo *Psidium guajava* L. uno de los representantes más importantes por sus múltiples usos nutraceuticos (fruta) y medicinales (raíz, corteza, hojas y semillas) (Gutiérrez et al., 2008; Okunrobo et al., 2010; Shruthi et al., 2013).

3.1.1 Especie *Psidium guajava* L. con su nombre común guayaba, guava, guayabo (Wadsworth 1964) fue publicada en el libro *Species Plantarum* por Linneo en 1753. Se estima que se originó en una área que se extiende desde el sur de México hasta América Central, en la actualidad su distribución en América comprende desde México hasta Suramérica en Venezuela, Colombia, Brasil y Perú (Domínguez et al., 2005).

Es un árbol pequeño que alcanza una altura de hasta 10 metros de altura, con un tronco cilíndrico y un sistema radicular de tipo pivotante proporcionándole un excelente anclaje que puede penetrar hasta 5 metros de profundidad (Gutiérrez et al., 2008; Gómez y Rebolledo 2011); sus hojas de 7 a 15 cm de largo, son simples opuestas coriáceas, elípticas y típicamente con puntos glandulares, otorgando la presencia de aceites esenciales (Begum et al., 2004; Gutiérrez et al., 2008; Caraballo 2011), sin estípulas, con pecíolos cortos entre 3-10 mm de largo, con márgenes enteros y venas prominentes (Okunrobo et al., 2010).

El tipo de inflorescencia es cimosa bípara o dicotómica. Las flores son axilares, pediceladas, epiginias actinomorfas y hermafroditas de olor fragante. El cáliz es turbinado con 4 o 5 sépalos verde amarillento, pétalos blancos con 4 a 5; estambres numerosos entre 300-600, los filamentos son de color blanco y las anteras amarillas, el estilo es verde y curvado sobre los estambres. El ovario ínfero y se dispone en un disco carnosos (Shruthi et al., 2013; Caraballo 2001).

El fruto tiene una variedad de formas que van desde redonda a ovoide hasta aplanada, donde su peso varía de 25 a 500 g y clasificado como baya (Wadsworth 1964; Somarriba-Chávez 1985). La superficie va desde rugosa a lisa, el color verde oscuro se presenta en estado inmaduro y van cambiando de color verde amarillo, amarillo pálido durante el desarrollo del fruto y finalmente a amarillo en el estado maduro (Cárdenas-Urdaneta y Jiménez-Mendoza 2004).

En Colombia *Psidium guajava* L. se caracteriza por tener gran capacidad adaptativa a diferentes condiciones climáticas a causa de estar presente desde el nivel del mar hasta los 2.000 m. Crece en temperaturas entre 20-30 °C, pero la temperatura óptima anual debe estar en alrededor de 25°C (Junqueira y Franco 1975) también necesita de una buena intensidad lumínica, para obtener buenas fructificaciones e inducir altos niveles de azúcares y ácido ascórbico (Rathore 1976).

Las precipitaciones necesarias están entre 600 y 2.000 mm por año y se desarrolla en una amplia variedad de climas desde secos hasta húmedos (Sallunkhe y Desahi 1984; Gómez y Rebolledo 2011). Otro factor de gran importancia es la distribución de lluvias, debido a que en los periodos lluviosos ocurre el crecimiento activo de la planta (nueva brotación, floración y desarrollo del fruto) y necesita de épocas secas bien definidas para experimentar un fenómeno de agotamiento o letargo que es el amarillamiento y caída de la mayoría de hojas, proceso preparatorio para la siguiente cosecha (Gómez et al., 1995., Lozano et al., 2002). La humedad relativa óptima para el cultivo de guayaba es de 75 a 80% (Lozano et al., 2002).

Las mayoría de plantas de *Psidium guajava* L. encontradas en la región de Santander provincia de Vélez, son obtenidas de semillas de origen sexual. Por este motivo hay una gran heterogeneidad y expone unos ecotipos regionales con distribución limitada. Estos materiales aún no han sido completamente caracterizados, uno de esos materiales es Regional Roja (RR) en la (Apéndice A, Tabla 4) se presenta algunas características del fruto.

3.1.2 Importancia económica En la región de la hoya del Río Suárez existen cerca de 11.360 hectáreas dedicadas al cultivo de guayaba con una producción estimada de 81.800 toneladas anuales (Castellanos et al., 2011). Generalmente los árboles de guayabo crecen naturalmente en lotes dedicados al silvopastoreo, sin manejo agronómico; debido a esto, en los últimos años la

producción ha caído más de un 40% por la afectación de plagas y enfermedades (Castellanos et al., 2011).

La Provincia de Vélez-Hoya del Río Suárez es una de las zonas productora más importante para la guayaba y su agroindustria, por su privilegiada ubicación geográfica y su diversidad de climas (Gómez 2000); donde las épocas de producción del árbol de guayaba están limitadas a 1, 2 ó 3 por año (Pérez-Barraza et al., 2015). Como la cosecha se concentra en pocos meses del año, se produce saturación del mercado, oferta alta, caída del precio y la pérdida de fruta por la no recolección (Gómez 2000).

Un aporte que contribuirá a solucionar las pocas épocas de producción de fruta al año, es dilucidar el ciclo de crecimiento en condiciones de campo, para observar su comportamiento, y con base en ese conocimiento modificar las condiciones que sean más favorables para la planta y así obtener mejores rendimientos. La codificación del ciclo de crecimiento al sistema BBCH permite convertir las observaciones fenológicas en un idioma universal, que permitiría hacer comparaciones entre lugares y variedades; por otra parte, las curvas de crecimiento nos indican qué patrones de crecimiento presentan los diferentes órganos de la planta.

3.2 Fenología

Durante mucho tiempo se han realizado observaciones fenológicas, que datan del siglo VIII en Japón y China, en especies como el cerezo y melocotonero, asociados a viejos festivales tradicionales (Menzel y Dose 2005). Los primeros reportes en Europa los realizó Robert Marchan (Inglaterra, 1736) y el primer calendario floral fue publicado por el Austriaco Scolopi (1762);

además, las primeras redes fenológicas organizadas tienen sus inicios en Rusia (1838) y en Bélgica (1842) (Riaza 2012).

Una de las pretensiones de Karl von Frisch en 1853 fue unificar las observaciones que se estaban realizando en Europa por varios equipos, con su publicación “Instructions for observation of the vegetation”; es de resaltar las contribuciones hechas por los equipos de La Royal meteorological Society que comenzó a publicar “The Phenological Report” y Nederlandsche Phaenologische Vereeniging con su “Acta phenologica”. En los últimos años también se han realizado esfuerzos internacionales de convergencia como la “Red Europea de Fenología” (Riaza 2012).

En la actualidad se ha destacado el servicio Meteorológico Alemán (DWD), el Center for Ecology & Hidrology of Cambridge, y en España el Instituto Nacional de Meteorología (INM) con su agencia estatal de meteorología AEMET.

Para poder sistematizar las observaciones fenológicas se definieron diferentes fases fenológicas (INM 1989), pero eran poco precisas para poder extraer conclusiones de datos con observaciones de series temporales largas y comparaciones con otros lugares y países. Por este motivo la organización Meteorológica Mundial (WMO) publicó una guía metodológica para las observaciones fenológicas (Koch et al., 2007) en la que avala la escala BBCH para plantas (Meier 2001)

Esta ciencia es fenomenológica, en otras palabras, básicamente descriptiva y de observación, demandando método y precisión en el trabajo de campo (García 2006; Riaza 2012). Este proceso sistemático aporta valiosos datos en la comprensión de las labores agrícolas, la biología de una especie, la caracterización agroclimática de una localidad, la descripción de un año

agrometeorológico y en procesos globales como el cambio climático y su posible impacto (García 2008; Rianza 2012).

La fenología se ha convertido en un instrumento útil y ampliamente utilizado para entender el ciclo de vida de las plantas (Ramírez et al., 2013), como la floración y la fructificación (Rianza 2012). Comprender la duración, el inicio y la finalización de cada fenofase en las plantas y su relación con factores climáticos se transforma en una herramienta poderosa en la toma de decisiones como la poda, la fertilización, la aplicación de biorreguladores o el control de plagas o enfermedades (Salinero et al., 2009).

La fenología es el estudio de las fases o actividades periódicas y repetitivas del ciclo de vida de las plantas y su variación temporal a lo largo del año (Mantovani et al., 2003). En otras palabras, cada fase o evento fenológico se puede explicar de acuerdo a su duración e intensidad, apoyándose en observaciones del inicio y la finalización de cada fase del desarrollo externamente visible (Larcher 2000). También Chabot y Hicksen 1982 reconocieron a la fenología como una característica adaptativa importante en las plantas porque define la duración y el ritmo de los procesos de crecimiento y la reproducción.

Salazar et al., (2006), realizaron un estudio fenológico de la guayaba en España, debido a que este lugar presenta variación estacional. Estos investigadores reportaron que el patrón de crecimiento vegetativo comienza a mitad de primavera y finaliza en otoño y mantiene dormancia de yemas en invierno; todas las observaciones se codificaron al sistema BBCH.

Hasta el momento no se le ha dado importancia a este tipo de estudios y hay pocos reportes fenológicos de este frutal en Colombia; Pero se resalta la contribución sobre la caracterización ecofisiológica de la guayaba hecha en la hoya del río Suárez para varias variedades endémicas de la región y diferentes ambientes, aportando un gran entendimiento a los patrones de plasticidad

fenotípica con respecto al ambiente (Solarte et al., 2010a). El aporte hecho por Solarte (2013), sobre la codificación al sistema BBCH de la fenología de guayaba en la provincia de Vélez, Santander es un paso muy importante de comprensión y comparación con otras regiones en el mundo.

3.3. Código BBCH

Hay una larga tradición de observación y registro de datos fenológicos (Meier et al., 2009); pero esta gran variedad de registros ha causado problemas de síntesis debido a la dificultad de hacer comparaciones con los datos recolectados (Lancashire et al., 1991).

La escala extendida BBCH surge debido a la necesidad de crear una escala Universal que pueda ser fácilmente adaptada a todo tipo de cultivo, que use un vocabulario científico común basándose únicamente en caracteres fenológicos de la planta y aplicada en plantas mono y dicotiledóneas (Meier 2001).

Para poder cubrir el mayor número de especies de plantas posibles con una codificación uniforme, fue necesario usar criterios fenológicos y no siempre estadios de desarrollo análogos. Así por ejemplo para el caso de la germinación de una planta a partir de la semilla y la brotación a partir de una yema, fueron unificados en el estado principal 0, aunque fisiológicamente son procesos biológicos totalmente diferentes. A partir de la escala general BBCH se elaboran las escalas individuales (Apéndice A, Figura 4) y puede ser aplicada en aquellas especies para las cuales no existe una escala individual. Se utilizan características externas claramente reconocibles para la descripción de los estadios fenológicos de desarrollo.

La escala BBCH extendida ha sido utilizada en varios cultivos como la granada (*Punica granatum* L.) (Melgarejo et al., 1997), níspero japonés (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.)

(Martínez-Calvo et al., 1999), guayaba (*Psidium guajava* L.) (Salazar et al., 2006), Kiwi (*Actinidia deliciosa* ‘Hayward’) (Salinero et al., 2009), mango (*Mangifera indica* L.) (Rajan et al. 2011), uchuva (*Physalis peruviana* L.) (Ramírez et al., 2013), granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) (Melgarejo y Rodríguez 2015), entre otros.

Recientemente esta escala ha sido aceptada por diversos organismos internacionales y redes de observación fenológica. En el 2011, el equipo de Anntte Menzel de la Universidad de Munich publicó una comparación de la efectividad del código BBCH con otros métodos de posible observación fenológica (Cornelius et al., 2011); compararon aspectos como el desarrollo en peso vegetal (WPD), almacenamiento de estados pre y post crecimiento (PSD), estados acumulativos de crecimiento (CSD) y regresiones logísticas ordinales (OLR), concluyendo que siendo un sistema de muestreo poco intenso, los errores son asumibles y se recomienda cuando el periodo en los muestreos es superior a una semana (Cornelius et al., 2011).

3.3.1 Principios básicos de la escala (Meier 2001). La escala general es la base para todas las especies, elaborándose escalas individuales a partir de ella. La escala general puede ser aplicada en aquellas especies para las cuales no existen una escala individual.

- El mismo estadio fenológico de las diversas especies deberá tener el mismo código.
- Para cada código, la descripción es conocida, y para algunos importantes estadios, se incluyen dibujos.
- Para la descripción de los estadios fenológicos de desarrollo, se utilizan características externas claramente reconocibles.
- Como regla, solamente se tomará en consideración el desarrollo del tallo principal.

- La evaluación se hace individual con base en algunas plantas representativas del conjunto de la especie.
- Para indicar los tamaños específicos de las especies y/o variedades durante su desarrollo, se usan los tamaños relativos en relación con los tamaños finales a esperar.
- Los estadios secundarios 0 a 9 corresponden al respectivo número ordinal o valor porcentual. Por ejemplo el estadio 3 puede representar: 3ª hoja verdadera, tercer brote, tercer nudo, 30% de la longitud final típica de la especie o 30% de las flores abiertas.
- Tratamientos post-cosecha o almacenamiento se incluyen bajo el código 99
- Tratamientos de la semilla anteriores a la siembra se ubican bajo el código 00.

3.3.2 Organización de la escala. El ciclo completo de desarrollo de las plantas se subdivide en diez fases principales de desarrollo claramente distinguibles. Estos estadios principales de crecimiento, son descritos usando números del 0 al 9 en orden ascendente (Meier 2001).

Según la especie vegetal pueden producirse cambios en el proceso de desarrollo, o también pueden suceder que determinados estadios no tengan lugar. Los estadios principales de crecimiento no necesariamente ocurren en estricta secuencia explicada por el orden ascendente de los números, y pueden, ocasionalmente, también desarrollarse en forma paralela (Meier 2001).

Los estadios principales de crecimiento (Apéndice C, Tabla 6) , no son los adecuados para describir una aplicación exacta, ó definir fechas de evaluación, porque ellos describen tiempos amplios en el curso del desarrollo de la planta (Meier 2001).

Los estadios secundarios son usados para describir con precisión fases cortas del desarrollo de plantas. En contraste a los estadios principales de crecimiento, ellos son definidos en pasos cortos de desarrollo de las respectivas especies de plantas, ocurriendo durante un determinado estadio

principal. Ellos también son codificados usando números de 0 a 9. La combinación de un estadio principal de crecimiento y el número de un estadio secundario de crecimiento conduce al código digital de 2 cifras (Meier 2001).

En el caso de la escala BBCH, la descripción de un estadio de crecimiento está basada en las características principales de una planta individual. Si la escala es usada para describir un estadio de desarrollo de una población de plantas, la descripción debe por lo menos describir el 50% de la población de las plantas (Meier 2001).

3.4 Curvas de crecimiento

El desarrollo de la planta de guayaba se da por medio de tres procesos fundamentales:

- Crecimiento celular; el cual es indefinido o indeterminado, en otras palabras continúa su crecimiento durante toda su vida o al menos si las condiciones ambientales lo permiten, resultando ciclos de crecimiento repetitivos cada año (Taiz y Zeiger 2006; Casierra y Cardozo 2009).
- Diferenciación celular; la cual no es uniforme en toda la planta, se encuentra localizado en zonas meristemáticas, las que producen células que formarán tejidos y órganos. Estas zonas se ubican en los ápices tanto del tallo como de la raíz y en las axilas de las hojas (Goudriaan and Van Laar 2012); son en estas axilas que se forman las ramas nuevas que culminan con la formación de yemas reproductivas (Solarte et al., 2010a).
- Morfogénesis; siendo el proceso biológico que permite que se desarrolle su forma (Taiz y Zeiger 2006).

El manejo del cultivo de guayaba se puede mejorar ampliamente mediante el análisis del crecimiento, para garantizar una respuesta óptima de acuerdo con nuestras necesidades y exigencias (Casierra-Posada et al., 2004). Las curvas de crecimiento son un reflejo del comportamiento de la planta en un lugar particular con respecto al tiempo (Casierra y Cardozo 2009).

Teniendo presente que en el árbol de guayaba ocurre un crecimiento en las yemas vegetativas indeterminado y localizado; la elaboración de curvas de crecimiento permitiría conocer el modo de evolución del crecimiento en el ciclo bajo las condiciones climáticas de la zona de estudio (Hunt 1982; Casierra-posada et al., 2004). Las curvas de crecimiento del diámetro longitudinal en función del tiempo son muy empleadas y tienen las siguientes ventajas: dejan seguir a largo plazo el periodo de crecimiento, no son destructivas y son de fácil determinación (Casierra y Cardozo 2009).

3.5 Régimen Hídrico

Los factores climáticos temperatura y régimen de lluvias se consideran los más críticos para el crecimiento del guayabo, y su crecimiento está directamente relacionado con la producción (Müller 2003); además uno de los procesos fisiológicos más afectados por el estrés hídrico es la fotosíntesis que es un proceso clave en la productividad (Laguado et al.,2002). Actualmente, la fragilidad del cultivo de guayaba a los cambios en el régimen de lluvias crea una barrera en la producción (Reynolds et al., 2002), por esto es necesario conocer la relación del genotipo con esta variable ambiental, para poder controlar la producción. Pese a que las plantas han desarrollado

varias estrategias para adaptarse a condiciones hídricas limitantes, el principal factor limitante en la producción mundial es el déficit hídrico (Boyer 1982).

4. Materiales y Métodos

4.1 Área de estudio

El estudio se realizó en La corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) en el huerto élite de la estación experimental CIMPA (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), Ubicado dentro de la vereda centro, municipio de Barbosa, Provincia de Vélez, departamento de Santander, Colombia; está localizado entre las coordenadas geográficas 05° 56' 51" N y 73° 36' 24" W, a una altitud de 1590 msnm. El régimen de lluvias de los últimos 20 años ha sido de tipo bimodal, tetra estacional, con dos periodos de lluvia: Abril-Mayo y Octubre-Noviembre y dos secos: Diciembre-Enero y Junio-Agosto y con un monto anual de lluvias 1.780 mm. Se cubrió un área de 500 m². La clase textural del suelo es Franco-Arcilloso.

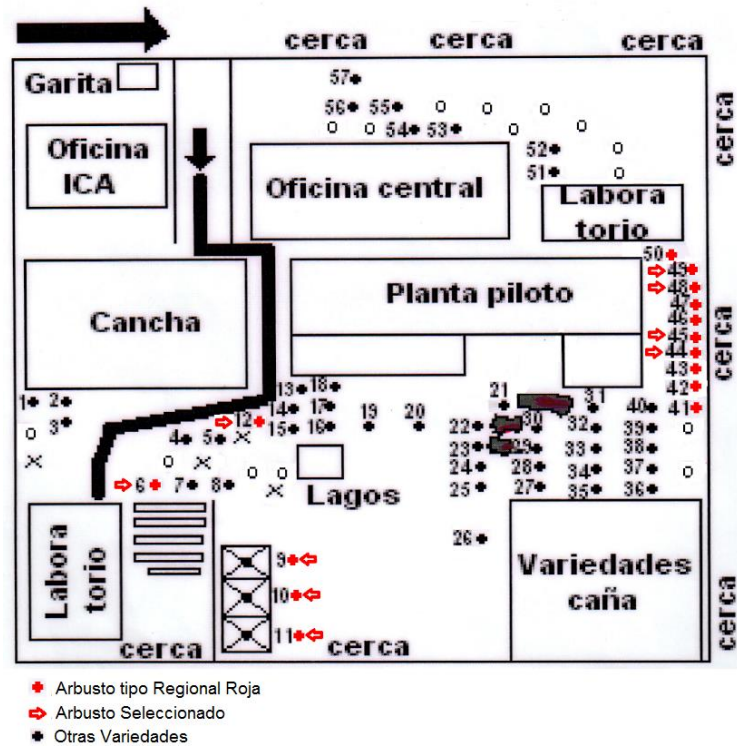


Figura 1. Huerto elite de la estación experimental CIMPA. Municipio de Barbosa, vereda: Centro; donde se destaca la ubicación de la variedad utilizada en el estudio.

Nota: Adaptado de: Corpoica sede Barbosa-Santander 29 de Junio de 2007

4.2 Captura de información

El estudio de campo fue realizado durante la primera temporada de cosecha de año 2010 que recibe por nombre mitaca; en este periodo se marcaron 9 árboles sanos de guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo Regional Roja (RR) que tenían 8 años de edad, mostraron alturas que variaron entre 3 y 5 metros y doseles de 3 m² de cobertura. De cada árbol se estudiaron 60 yemas vegetativas y la metodología de captura de información consistió en marcar tres ramas y encada rama 20 yemas (Figura 2) (Salazar et al., 2006). El registro comenzó a partir de yemas vegetativas. Para observar el comportamiento fenológico del árbol de guayaba bajo condiciones de campo no se realizó

ningún manejo agronómico como podas, riego, fertilizantes, control de plagas etc. Se realizaron registros semanalmente desde el 26 de enero del 2010 hasta el 28 de Abril del 2010.

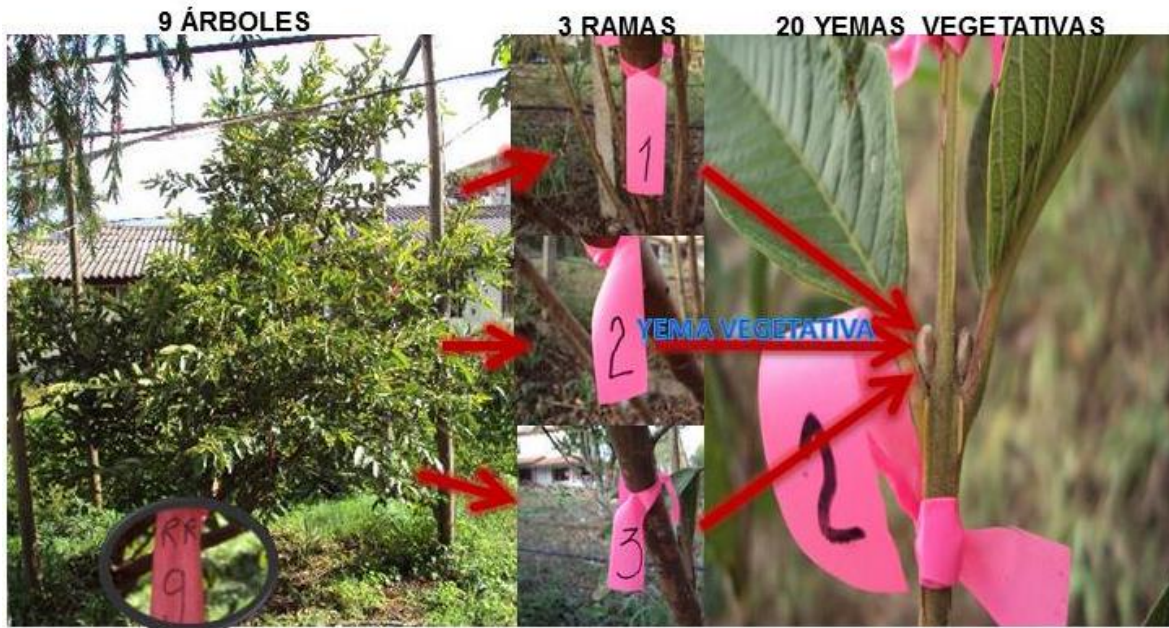


Figura 2. Metodología utilizada para la captura de información en el árbol de guayaba (*Psidium guajava* L) de tipo Regional Roja.

En cada registro se tomaron fotografías, se determinaron los eventos fenológicos y se codificaron al sistema BBCH, compuesto por un código de dos dígitos (Meier 2001; Salazar et al., 2006). Se registraron los sucesos que iban apareciendo en cada yema vegetativa y después en las yemas florales durante el periodo de estudio. Conjuntamente se midió el diámetro longitudinal (DL) de cada yema vegetativa con un calibrador digital Mitutoyo CD-15DC (0.02 mm de precisión). La condición climática (precipitación) de la zona de estudio se presenta con base en datos históricos tomados por la estación CORPOICA-CIMPA.

4.3 Análisis de los datos

La información resultante se analizó Mediante el Software SigmasStat 3.5 (Systat 2006), por medio de estadística descriptiva. Además, se realizaron curvas de crecimiento y ecuaciones de regresión para la variable diámetro longitudinal (DL). Para la selección de la curva de crecimiento, se tuvo en cuenta el coeficiente de regresión (R^2) más cercano a la unidad.

5. Resultados

5.1 Caracterización fenologica de la Guayaba (*Psidium guajava* L.) del tipo regional roja, de acuerdo con la escala bbch

Psidium guajava L. (Regional Roja) dentro del periodo Enero-Abril del 2010 según la escala BBCH (Meier 2001), se caracterizó por presentar cuatro fenofases de crecimiento principal: El Estado 0 que corresponde al desarrollo de las yemas vegetativas, el Estado 1 que enmarca el desarrollo foliar, el Estado 5 que corresponde a la aparición de órgano floral y su desarrollo, y el Estado 6 que es la floración o antesis (

Tabla 1).

Tabla 1.
 Descripción código BBCH de los estadios secundarios de desarrollo para *Psidium guajava* L. (tipo Regional Roja). Registro realizado en Barbosa-Santander. Monitoreo entre 26 enero de 2010 a 28 abril de 2010.

Estadio Principal	Estadio Secundario	Descripción
Desarrollo de las yemas vegetativas	0	Yema cerrada y cubiertas de escamas marrón oscuro. Estaba estrechamente vinculada con la rama.
	1	La yema se hinchó y tomó un color verdoso. Las escamas se alargaron.
	7	Comenzó el crecimiento de la yema (inicio crecimiento del cogollo) y las escamas empezaron a abrir
Desarrollo de las hojas	1	Primeras hojas desplegadas
	5	Más hojas desplegadas, pero aún no alcanzan su tamaño final.
	9	Finalizó el crecimiento de la hoja.
Aparición del órgano floral	1	Aparición de yemas florales, emergencia del botón floral
	5	Bulbo de la yema floral se hizo visible, sépalos cerrados.
	7	Sépalos ligeramente abiertos y pétalos crecen.
6	0	Primeras flores abiertas
Floración		

5.1.1 Fenología en estado vegetativo de guayaba: Durante el estado vegetativo del árbol de guayaba (Regional Roja) bajo condiciones de campo se identificaron dos fenofases de desarrollo principal: Estado 0 (desarrollo de las yemas vegetativas) y Estado 1 (desarrollo de las hojas).

Los tiempos se muestran en días después de la dormancia (DDD), tomando como punto de partida el estado 00 (yema vegetativa). La dinámica de crecimiento y desarrollo de la fase

vegetativa en condiciones de crecimiento en la hoya del río Suarez, desde yema vegetativa hasta hojas completamente desarrolladas, sucede en las axilas de las hojas de *Psidium guajava* L. (Regional Roja) y sigue el siguiente esquema general (Tabla 2).

Tabla 2.
Escala BBCH establecida para los estados vegetativos 0 (desarrollo de las yemas vegetativas) y 1 (desarrollo de las hojas) de *Psidium guajava* L. (Regional Roja) bajo condiciones de campo en el huerto élite de la estación experimental CIMPA – Barbosa, Santander.

Nombre Estadio Secundario	Escala General BBCH	*DDD
Yema vegetativa	00	0
Yema vegetativa hinchada	01	31
Comienza el crecimiento del cogollo	07	38
Las primeras hojas que brotan	11	52
Más hojas desplegadas	15	64
Hojas completamente desarrolladas	19	93
*DDD= Días Después de la Dormancia		

El estado principal 0 está comprendido por los siguientes eventos fenológicos: El estado 00 (Yema vegetativa), en esta etapa se reporta que comienza la absorción de agua, como resultado sus células crecen y las hojas protectoras de estas, llamadas catafilos, se alargan y cambian de color café a verde (Salazar et al.,2006); después se presentó el estado 01 (yema vegetativa hinchada) en el cual se resaltaron como eventos importantes que el 50% de las yemas vegetativas se hincharon a los 31 DDD, y finalmente comenzó el estado 07 (inicio del crecimiento del cogollo)a los 38 DDD. Todo esto tuvo una duración promedio de 52 días.

El estado principal 1 tuvo una duración promedio de 41 días, hasta el estado final 19, y se logró identificar todo el desarrollo foliar: primero se presentó el estado 11 (desarrollo de las primeras

hojas que brotan), aquí los primordios foliares continuaron el desarrollo para diferenciar las primeras hojas, inicio a los 52 DDD; después se continúa con el estado 15 (más hojas desplegadas) donde se observó la diferenciación de las primeras hojas a los 64 DDD. El estado principal 1 culminó con el estado 19 (hojas totalmente desarrolladas) a los 93 DDD. Lo mencionado se muestra con las imágenes de lo que sucedió en cada etapa y con su respectivo código BBCH (Figura 3).

*Código 00**Código 01**Código 07**Código 11**Código 15**Código 19*

Figura 3. Estados fenológicos más importantes de *Psidium guajava* L. (Regional Roja) de acuerdo a la escala BBCH en estado vegetativo, bajo condiciones de campo en el huerto élite de la estación experimental CIMPA – Barbosa-Santander; enero a Abril de 2010. Estado 00: yema vegetativa, Estado 01: yema vegetativa hinchada, Estado: 07 comienza el crecimiento del cogollo; Estado 11: las primeras hojas que brotan, Estado 15: más hojas desplegadas, Estado 19: hojas completamente desarrolladas. Fotografías tomadas por: Gloria Alejandra Kopp Bernal

La (Figura 4) ilustra la dinámica de crecimiento (expresado en DDD) y el desarrollo de ramas nuevas en *Psidium guajava* L. (Regional Roja). El estadio principal 3 (crecimiento longitudinal de los brotes terminales) que pertenece a la codificación BBCH de los estadios fenológicos de desarrollo de los frutales de pepita (Apéndice B, Tabla 5) (Meier 2001) no aplicó para el cultivo de guayaba, por lo tanto no se presenta.

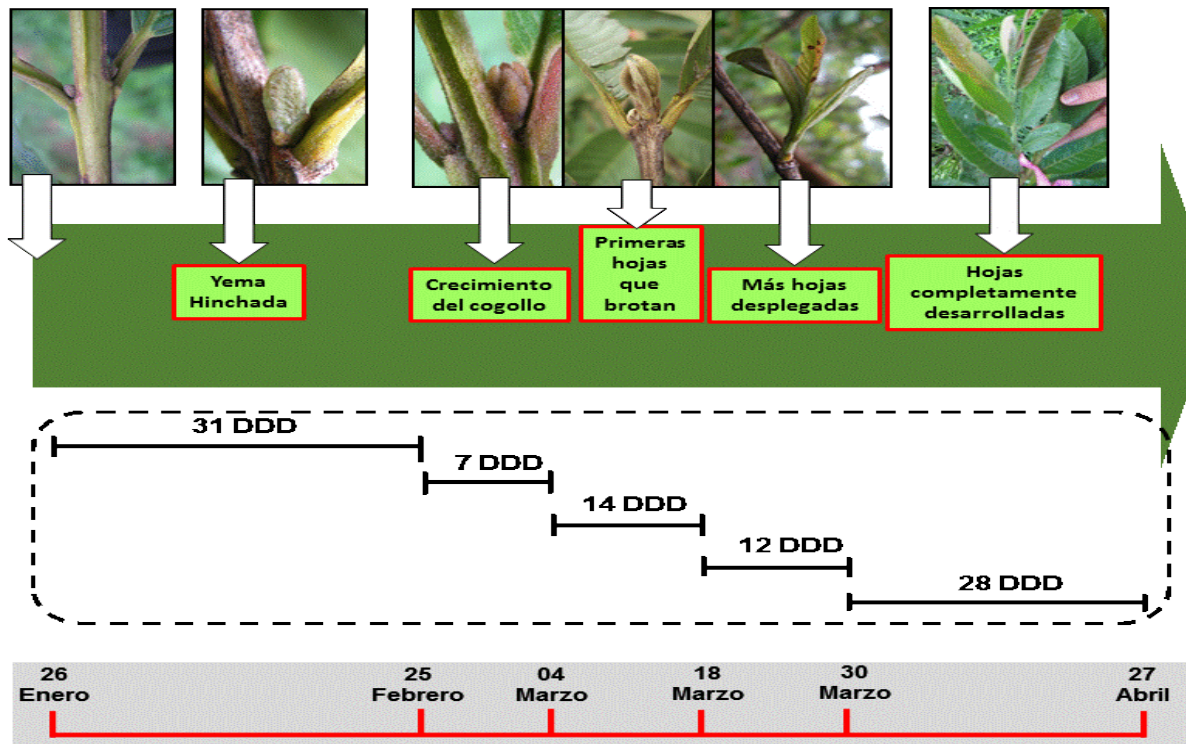


Figura 4. Dinámica de crecimiento y desarrollo de ramas nuevas en *Psidium guajava* L. (Regional Roja). Barbosa, Santander. 2010 DDD= Días después de la Dormancia.

La (Figura 5) evidencia que cada vez que fue avanzando el estudio, el porcentaje de yemas vegetativas vivas fue disminuyendo; se comenzó con el 100% (día 1) y ya para el (día 93) se terminó con solo el 28%. De ese 28% solo el 19% crecieron y el 9% restante de yemas vegetativas vivas mantuvieron estancado su crecimiento.

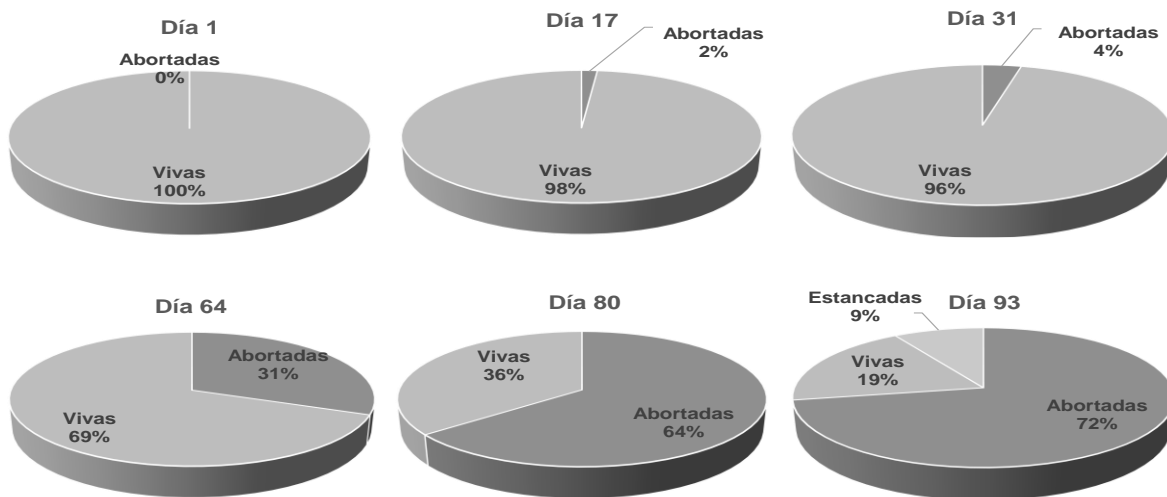


Figura 5. Composición porcentual de las yemas vegetativas de árboles de guayaba tipo Regional Roja, a través del tiempo, bajo condiciones de Barbosa-Santander. Se representan yemas vivas, yemas abortadas y para el último día dentro de las yemas vivas se saca un grupo de yemas que se mantuvieron estancadas en crecimiento.

5.1.2 Fenología en estado reproductivo de guayaba En el estado reproductivo de *Psidium guajava* L. (Regional Roja) se registraron dos fenofases de desarrollo principal: Estado 5 (aparición del órgano floral) y Estado 6 (Floración o antesis).

El registro del tiempo se presenta en días después de la brotación del botón floral=DDB. Tomando como punto de inicio el estado 51 (Emergencia del botón floral), el activo crecimiento y desarrollo en el estado reproductivo desde botón floral hasta floración tiene lugar siempre en ramas nuevas que aparecen en cada ciclo de producción de *Psidium guajava* L. (Regional Roja) de la hoya del río Suárez. Sigue el siguiente patrón general:

El estado principal 5 está integrado por los siguientes eventos fenológicos (Tabla 3): El estado 51 (Emergencia del botón floral), es la aparición del órgano floral donde contiene el androceo, gineceo, cáliz y corola en estado inmaduro. A medida que la estructura floral se desarrolló se hace

evidente 2 partes bien diferenciadas; una de ellas es adnada proximal ovoide y una distal libre; esta última con forma redonda ligeramente puntiaguda en el ápice conformando lo que es el botón floral, estado 55 (bulbo del botón floral visible), que se dio a los 4 DDB en promedio, y continuó su crecimiento durante aproximadamente 25 DDB, dando paso al estado 57 (se alargan los pétalos) aquí alcanzó su máximo crecimiento y madurez de todas las partes de la flor dando paso al inicio de la apertura floral.

En el estado 6 (Tabla 3), floración o anthesis, que consiste en la apertura total de la yema floral poniendo al descubierto los estambres (androceo), el pistilo (gineceo), los pétalos (corola) y los sépalos (cáliz), para su posterior polinización. En este estudio solo se observó el inicio de la floración puesto que solo se obtuvo el 2% de flores abiertas, que corresponde al código 60 con una duración de 34 DDB. . En la (Tabla 3) se muestra la duración de cada evento fenológico en días después de brotación del órgano floral (DDB) y su codificación al código BBCH.

Tabla 3.
Escala BBCH establecida para los estadios 5 (aparición del órgano floral) y 6 (floración) de *Psidium guajava* L. (Regional Roja) bajo condiciones de campo, con su duración en Días después de brotación del botón floral DDB en el huerto élite de la estación experimental CIMPA-Barbosa, Santander.

Nombre Estadio Secundario	Escala General BBCH	*DDB
Emergencia del botón floral	51	0
Bulbo del botón floral visible	55	4
Los pétalos se alargan	57	25
Primeras flores abiertas	60	34
*DDB=Días después de brotación del botón floral		

Los eventos fenológicos reproductivos hasta el estado de floración (antesis) se exponen en las imágenes de la (Figura 6)



Código 51

Código 55

Código 57

Código 60

Figura 6. Estados fenológicos de *Psidium guajava* L. (Regional Roja) de acuerdo a la escala BBCH, en estado reproductivo, bajo condiciones de campo en el huerto élite de la estación experimental CIMPA- Barbosa, Santander. Estado 51: Emergencia del botón floral, Estado 55: Bulbo del botón floral visible, Estado 57: Pétalos se alargan; Estado 60: Floración. Fotografías tomadas por: Gloria Alejandra Kopp Bernal.

En la figura 9 se observa la dinámica de crecimiento y desarrollo durante la fase de floración de guayaba. Además es claro en mostrar los DDB necesarios para pasar por cada evento fenológico.

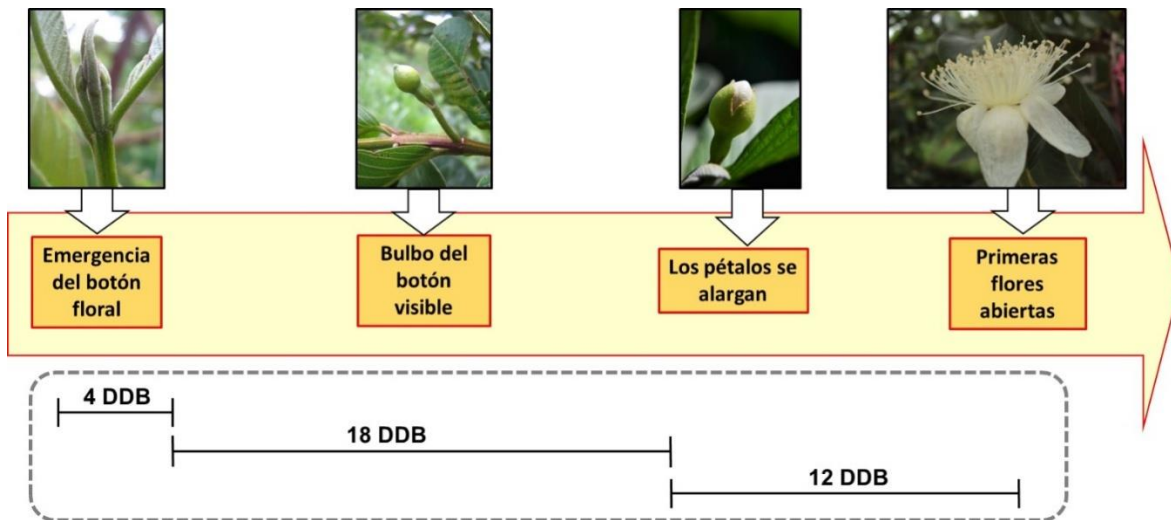


Figura 9. Dinámica de crecimiento y desarrollo de la fase reproductiva en *Psidium guajava* L. (Regional Roja). DDB (Días después de brotación del botón floral).

En el transcurso del estudio se registraron 346 yemas florales, de las cuales el 47% fueron abortadas, el 51% sobrevivió pero no se logró observar el estado de antesis y solo el 2% de yemas abrió, es decir solo 7 yemas florales presentaron la antesis (Figura 7).

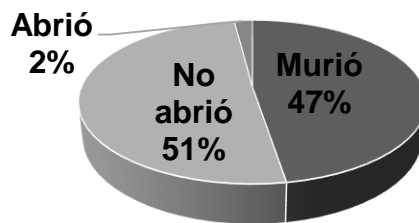


Figura 7. Composición porcentual de las yemas florales en *Psidium guajava* L. (Regional Roja). bajo condiciones de campo, en el huerto élite de la estación experimental CIMPA-Barbosa, Santander.

En el (Apéndice D, Figura 11) se presenta la relación entre número de yemas florales con respecto a número de DDD. La aparición de las primeras yemas florales se presentó a partir del día 52 DDD con 78 yemas florales; donde el mayor pico de floración fue para el día 64 DDD con

un total de 158 DDD yemas florales, seguido del día 74 con un total de 78 yemas. Para el resto de días se observó poca aparición.

5.2 Cambios de magnitud del diametro longitudinal en ramas (fase vegetativa en guayaba)

Se evidenció alta desviación estándar en el cambio de magnitud en el diámetro longitudinal basal (DL) de las ramas nuevas de *Psidium guajava* L. (Regional Roja) a través del tiempo (días después de dormancia DDD).

El crecimiento de las ramas nuevas se caracterizó por una fase inicial de crecimiento lento que comienza desde el día 0 DDD donde en promedio es desde 0,58 cm hasta 1.78 cm a los 38 DDD, seguido de una fase exponencial que inicia en el día 38 DDD y culmina con valores máximos de 10,62 cm en promedio a los 93 DDD. Ya para el último día se observó una longitud promedio de 10,62 cm con la mayor desviación presentada de 7,26. Se encontró variabilidad en la magnitud en la tasa de crecimiento desde la yema vegetativa hasta llegar al estado de rama desarrollada (Figura 8).

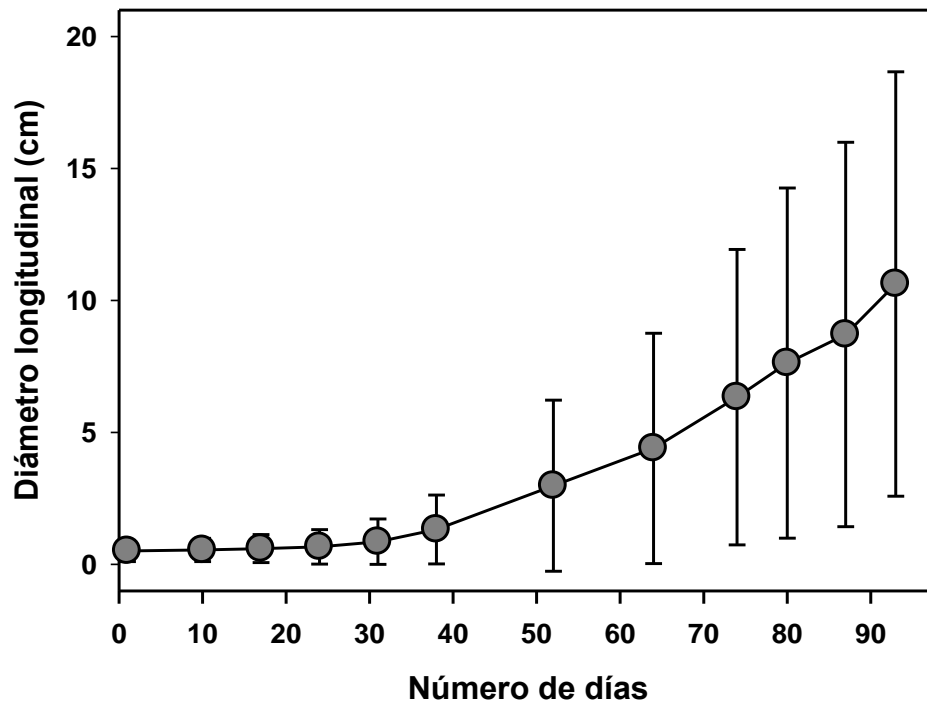


Figura 8. Promedio \pm desviación estándar del diámetro longitudinal basal, en centímetros, a través del tiempo en ramas nuevas de *Psidium guajava* L. (Regional Roja).

La ecuación de ajuste de la curva de crecimiento (Apéndice E: Curva de crecimiento ajustada para todas las yemas vegetativas de *Psidium guajava* L. (Regional Roja). CIMPA Barbosa, Santander. Modelo polinomial 3er grado. $R^2=0,43$.) fue $y = 2E-06x^3 + 0,0013x^2 - 0,0305x + 0,6225$. Se observa que existe alta heterogeneidad en la tasa de crecimiento de las yemas vegetativas, por lo cual no hay un ajuste bastante alto para el diámetro longitudinal lo cual se evidencia en su $R^2=0,43$. Por otra parte la reducción de la sobrevivencia de ramas nuevas se observó a través del tiempo, comenzando a partir del día 38 DDD con 93,72% de yemas vegetativas vivas. El comportamiento cada día se hizo más marcado hasta llegar al día 93 con 28 % de yemas vegetativas vivas (Apéndice E, Figura 12).

Como se muestra en la (Figura 5) y (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, Figura 13), referentes a la composición porcentual de las yemas vegetativas a través del tiempo y del % de sobrevivencia, respectivamente, demuestran que sólo el 19% de yemas vegetativas llegaron a la etapa fenológica de hojas completamente desarrolladas (Código 19, BBCH). Al tomar solo las yemas que llegaron a la etapa fenológica Hojas completamente desarrolladas y construir la curva de crecimiento del diámetro longitudinal, se obtuvo ecuación de ajuste $y = -3E-05x^3 + 0,0059x^2 - 0,1375x + 1,1509$, con $R^2=0.7232$, mostrando que se tiene comportamiento homogéneo

Figura 9.

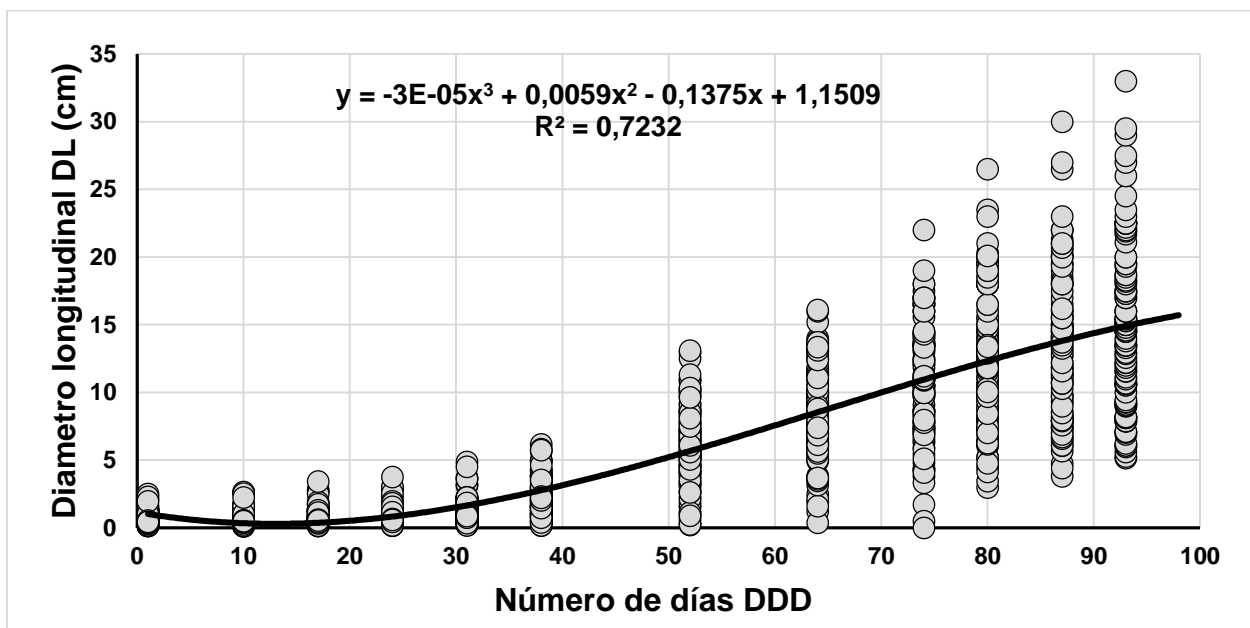


Figura 9. Curva de crecimiento en ramas nuevas que obtuvieron crecimiento total, en *Psidium guajava* L. (RR). Modelo polinomial de 3er grado. Barbosa, Santander. $R^2= 0,7232$

5.3 Comportamiento de la precipitación

El comportamiento histórico de la precipitación (Figura 10) para los meses de Noviembre, Diciembre y Enero presentó la misma tendencia en la precipitación registrada con estación meteorológica para microclima (-O-). Se observa que para los meses de Julio 2009 a Diciembre 2009 fue ligeramente menor a la histórica de 10 años; pero para los meses de febrero a mayo de 2010 la precipitación promedio fue ligeramente mayor a la histórica de 10 años. En el Anexo G y Figura 14 se ilustra la precipitación total anual y promedio mensual (mm) desde 1988 hasta 2014; donde el 2009 es un año atípico con solo (1543 mm) al año y solo superado por los años 2000 (1510 mm) y 2002 (1400,4 mm).

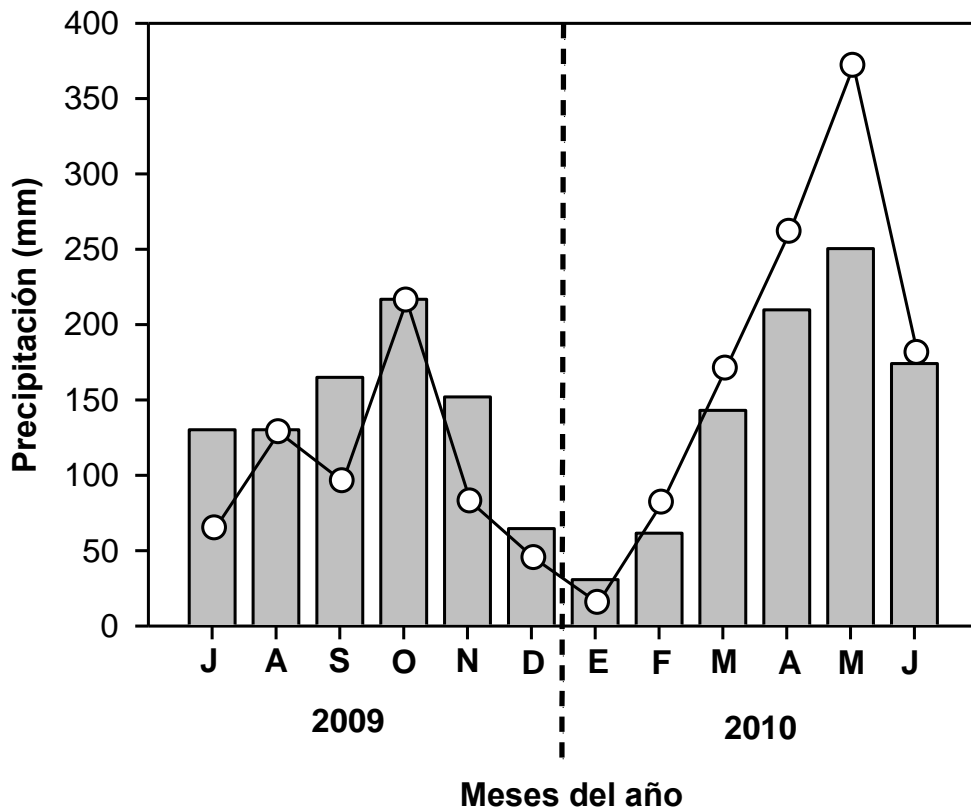


Figura 10 .Comportamiento de la precipitación en la estación experimental CIMPA (Barbosa, Santander). Promedio histórico 10 años (barras) y precipitación microclima (Julio 2009- Junio de 2010) (-O-).

6. Discusión de resultados

6.1 Código BBCH y fenología

La escala BBCH es una herramienta que permite ser ajustada con facilidad a muchos tipos de cultivo (Meier 2001). Este estudio se hizo a partir del estado de yemas vegetativas, porque en guayaba se observan ciclos fenológicos anuales donde los estados vegetativos y reproductivos se presentan de yemas nuevas de una manera simultánea o ligeramente superpuestos (Salazar et al., 2006;; Solarte et al., 2013a). A diferencia de los estudios previos realizados a partir del estado de semilla como los publicados por (Martínez-Calvo et al., 1999; Melgarejo y Rodríguez 2015) entre otros.

Se encontraron en el periodo de estudio 4 fenofases principales y 11 eventos secundarios que se codificaron al sistema BBCH. Estos resultados son similares al reportado por Salazar et al.,(2006) en *Psidium guajava* L. var. Rubi, en España, con la diferencia en la duración de los eventos fenológicos, pues sus eventos duraron menos tiempo que los aquí encontrados. Por ejemplo, ellos reportaron que desde brote hinchado hasta hojas completamente desarrolladas tuvo una duración de 23 días, en tanto que aquí se observó que el tiempo transcurrido fue de 92 días. En otro estudio, bajo condiciones del estado Zulia en Venezuela, la obtención del estado de nuevas ramas se dio entre 30 y 60 días en tres genotipos de guayaba (Marín et al., 2000), lo que indica que el ciclo fenológico es dependiente del microclima o ambiente donde se desarrolle la especie, como también de la adaptación del genotipo al ambiente (Salazar et al., 2006; Solarte 2013). Además se

observó en nuestro estudio, que desde la emergencia de la yema floral hasta la floración transcurrieron 34 días, mientras que en España el transcurso de estas mismas etapas duró 29 días (Salazar et al., 2006).

Solarte (2013) resalta que la dinámica fenológica en guayaba prosigue una oscilación anual de períodos húmedos y secos. Se encontró que para el genotipo regional Roja durante los años 2008 y 2009 en la región de Barbosa en el periodo seco (Diciembre-Febrero) se activa el renuevo de brotes foliares finalizando con las yemas reproductivas; en otras palabras la inducción floral se activa en este periodo. Como lo ha señalado Borchert (1983) que el proceso de inducción floral que se da en árboles tropicales parece estar bajo controles endógenos e influenciados por controles ambientales que se observa indirectamente en el desarrollo vegetativo.

En los años 2008 y 2009, para el genotipo Regional Roja en la localidad de Barbosa se encontró que la emergencia de la yema vegetativa comenzó desde Diciembre hasta Febrero (Solarte et al., 2010b), este mismo periodo se reportó por Nava et al. (2004) para el genotipo Media China crecido bajo condiciones de México. También se reportó para el genotipo criolla roja en Zulia, Venezuela, tuvo brotación vegetativa durante los meses de Enero, Febrero y Marzo (Marín et al., 2000). Situación similar ocurrió en este estudio para el año 2010, pero apareció el evento terminando el mes de Enero y durante febrero y marzo. Si se compara con los años 2008 y 2009 se evidencia que el ciclo se corrió un mes.

La floración del guayabo se origina de yemas axilares que están localizadas en las axilas de las hojas, en brotes ya maduros; estas yemas axilares tienen el potencial de formar nuevos brotes y en ellos aparecen las yemas florales (Solarte et al., 2010b). El periodo de floración principal en Iguala, Guerrero-México, en el 2002, se dio para los meses de febrero a abril (Nava et al., 2004; Pérez-Barraza et al., 2015). Solarte et al., (2010b) encontraron para el genotipo Regional Roja, en Barbosa

en el año 2008, que la duración de la floración fue desde Marzo-Julio, pero para el año 2009 fue desde Enero hasta Julio. En contraste, en nuestro trabajo, se encontró floración corta e insipiente que duró desde marzo hasta abril.

Los resultados indican que la fenología y la producción de ramas y flores en el árbol de guayaba está relacionado con el genotipo y el microambiente en el que la planta se desarrolla y es dependiente además de las condiciones de regímenes hídricos que puedan estar presentes como se observa al analizar variables ambientales como la precipitación.

Los árboles de guayaba evidenciaron que las fases de producción de yemas florales y flores coincidieron con el periodo de lluvias evidenciando que estas fases fenológicas productivas tienen su máxima expresión con un balance positivo de agua como lo encontró Solarte (2013), además concluye, que las fases de mayor sensibilidad y más influenciadas por los factores ambientales fueron las fases de formación de yemas, flores y frutos cuajados.

6.2 Curvas de crecimiento

Se encontró variabilidad en magnitud en diámetro longitudinal de la rama; además se encontró que el porcentaje de supervivencia fue disminuyendo a medida que pasaba el tiempo durante el año 2010, indicando que probablemente el estrés hídrico está influyendo en su desarrollo fenológico. En Iguala, Guerrero -México reportan que la brotación vegetativa ocurrió de Diciembre a Febrero con las mayores tasas de alargamiento en todo el año (Nava et al., 2004). En Barbosa, Santander, para los años 2008 y 2009 para el mismo periodo la consideran la cosecha de mitaca donde la planta produce un buen rendimiento (Solarte et al., 2010a). En contraste, en el presente trabajo se observaron abortos de yemas vegetativas del 72%.

El patrón de crecimiento de las yemas vegetativas muestra un crecimiento de tipo sigmoide simple, similar a lo reportado por Solarte et al., (2010b) para el tipo de crecimiento en fruto, observándose: la fase I, periodo caracterizado por un incremento lento debido a la existencia de un número bajo de células en división (Steward 2012), que duró 20 DDD; la fase II: de mayor crecimiento viéndose reflejado en el aumento en la longitud de la rama, el cual dura desde los 20 DDD hasta los 70 DDD; y la fase III, donde el crecimiento es desacelerado y el sistema se vuelve cada vez menos efectivo (Steward 2012).

6.3 Régimen de lluvias

Durante la época de toma de datos se presentaron variaciones climáticas relacionadas con el fenómeno “El Niño” que se caracteriza por disminución en la precipitación; este comenzó a mediados del año 2009 hasta finales del mes de mayo 2010.

La recopilación de los datos para el presente estudio fue desde Enero hasta Abril del 2010, donde en Enero solo llovió durante 5 días con un total de lluvia de 14,92 mm, en el mes de Febrero fue catalogado de moderado a fuerte donde llovió 11 días y la cantidad de lluvia fue de 81,42 mm, para el mes marzo el fenómeno se debilitó y se presentó lluvia moderada durante 17 días y un total de 170,41 mm, y finalmente para el mes de Abril llovió 23 días con total de precipitación mensual de 261,18mm (Fuente: Reportes mensuales del IDEAM) (Anexo H, Figura 15). Lo que indica que el estudio se hizo a finales de época “El Niño”, y que los datos obtenidos por evento fenológico, dependió de la respuesta de la planta a condición de déficit hídrico con la que venía desarrollándose en el año 2009.

Normalmente, en la región de Barbosa-Santander, Octubre-Noviembre se constituyen en meses lluviosos, y Diciembre y Enero en meses secos (Solarte et al., 2010a); pero lo encontrado en el año 2009 (Junio, Septiembre, Noviembre y Diciembre) y 2010 (Enero) (Figura 10) y (Anexo I; Figura 16) fue una considerable disminución en el régimen de lluvias comparado con el promedio de precipitación para los últimos 7 años (Anexo G, Figura 14), con lo cual el IDEAM lo reportó fenómeno “El Niño”.

Uno de los factores climáticos que afectan la producción en las plantas es el régimen de lluvias y se considera uno de los más críticos para el crecimiento de las plantas (Müller 2003). Gonzáles et al., (2002) reportan que uno de los factores limitantes en la producción del guayabo es la escasez y uso ineficiente del agua, además añade que este frutal tolera la sequía pero que la deficiencia de humedad en el suelo durante el ciclo productivo afecta en forma inversa a la producción, situación que fue corroborada en el presente estudio ya que se presentaron pérdidas de las yemas vegetativas en un 72%. Por otra parte, en el estado de Zulia, Venezuela demostraron que la lámina de riego favoreció el crecimiento del guayabo, lo cual está relacionado con el papel determinante que el agua desempeña en los procesos fisiológicos (Torres et al., 2006).

Se resalta que Solarte (2013) reportó que la variabilidad climática y especialmente el fenómeno de la Niña influyó sobre la intensidad de los eventos fenológicos entre los diferentes años de estudio.

Pero se aclara que los cambios en la fenología no sólo se deben a alteraciones en la precipitación; sino que es probable se deba también a variaciones de temperatura, humedad relativa, déficit de presión de vapor, entre otros. Sin embargo, no podemos aseverarlo debido a que algunos datos no fueron registrados por la estación meteorológica debido a daño en ella, para poder

realizar regresiones lineales buscando cuáles son los factores ambientales que afectan la fenología o el crecimiento de la planta.

7. Conclusiones

Se determinaron cuatro fenofases de crecimiento principal (desarrollo de las yemas vegetativas, desarrollo de las hojas, aparición del órgano floral y floración) en el árbol de *Psidium guajava* L. (Regional Roja) dentro del periodo Enero-Abril del 2010 según la escala BBCH en el huerto élite de la estación experimental CIMPA bajo condiciones de campo. No se estableció el final del estado 6 porque el tiempo de muestreo no logró abarcar este evento fenológico.

El ciclo fenológico reportado aquí es congruente a lo reportado por otros autores con lo cual se puede evidenciar la utilidad del sistema BBCH para la comparación de los tiempos fenológicos en distintos genotipos, diferentes lugares y con microclimas particulares.

La curva de crecimiento realizado para todo el conjunto de yemas no obtuvo resultados significativos debido a que el crecimiento en el arbusto se vio afectado. Esto pudo obedecer al estrés hídrico causado por el fenómeno “El Niño” que se presentó para los meses de estudio.

Se recomienda hacer este tipo de estudios de forma continua durante múltiples ciclos fenológicos desde yema vegetativa hasta fruto organoléptico, para tener mayor entendimiento del comportamiento de la planta en función del ambiente. Esto proporcionará información precisa para aplicación de tratamientos en función de las etapas fisiológicas de la planta.

Referencias Bibliográficas

- Asociación Hortofrutícola de Colombia. 2014. Cadena agroalimentaria de la guayaba y su industria. Acta de reunión N° 005. Bogotá. Asohofrucol.
- Begum S., Hassan S., Ali S., Siddiqui B. 2004. Chemical constituents from the leaves of *Psidium Guajava*. *Natural Product Research*. 18 (2): 135–40. doi:10.1080/14786410310001608019.
- Boyer J. 1982. Plant productivity and environment. *Science*. 218 (4571): 443–448.
- Borchert R. 1983. Phenology and control of flowering in tropical trees. *Biotropica*. 81-89.
- Caraballo B. 2001. Biología floral del guayabo (*Psidium guajava* L.) en la Planicie de Maracaibo, Zulia, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*. 18(1): 41-55.
- Carabali M., Insuasty O., Pulido V. 2015. Insectos, plagas de importancia económica en el cultivo de la guayaba y sus estrategias de control (No. 16475). Corpoica.
- Casierra-Posada F., Barreto V., Fonseca O. 2004. Crecimiento de frutos y ramas de duraznero (*Prunus Persica* L. Batsch, Cv. 'Consevero') En los altiplanos colombianos. *Agronomía Colombiana*. 22 (1): 40–45.
- Casierra F., Cardozo M.(2009). Análisis básico del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv.'Quindío') cultivados a campo abierto. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 62(1): 4815.
- Cárdenas-Urdaneta R., Jiménez-Mendoza N. 2004. Caracterización morfológica y evaluación físico-química de frutos de selección promisorias de guayaba (*Psidium guajava* L.) en la cuenca del río Maracaibo. Trabajo mimeografiado. 165 p.

- Castellanos O., Fúquene A., Fonseca S., Ramirez D., Giraldo P., Valencia M., Vargas D. 2011. Estudio de La cadena productiva de La guayaba - Bocado en la Hoya Del Río Suárez. Proyecto DELCO. Bogotá: Ministerio de comercio Industrial y Turismo. 1-79.
- Chabot B., Hicks D. (1982). The ecology of leaf life spans. *Annual review of ecology and systematics*, 13(1): 229-259.
- Cornelius C., Petermeier h., Menzel A. 2011. A Comparison of methods to estimate seasonal phenological development from BBCH scale recording. *International Journal of Biometeorology*. 55 (6): 867-77. doi:10.1007/s00484-011-0421-x.
- Domínguez L., Legaria-Solano P., Nieto-Ángel R., Barrientos-Priego A., Pineda-Pineda J. 2005. Variabilidad genética según RAPD de árboles de guayabo Media China procedentes de cuatro plantaciones y su respuesta morfológica a baja disponibilidad de nutrientes. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 11(2): 329-343.
- García J. 2006. La Observación fenológica en agrometeorología. *Ambienta: la revista del Ministerio de Medio Ambiente*. (53): 64-70.
- García C. 2008. La observación fenológica primaveral de los frutales. AEMET
- González G., Padilla R., Reyes M., Perales C., Esquivel V. 2002. Guayaba Su Cultivo En México. Libro técnico. 1.
- Gómez R., Cortes R., Bayona A., Moreno G., Bautista J. 1995. Caracterización Sistema Producción Guayaba (*Psidium guajava* L.). Documento Corpoica.
- Gómez R. 2000. Regulación de épocas de cosecha de guayaba (*Psidium Guajava*). Cartilla de Corpoica, Regional 7:10. (No. Doc. 20102) CO-BAC, Bogotá).
- Gómez E., Rebolledo N. 2011. Módulo del cultivo de guayaba. Corpoica. Bogotá, Colombia.
- Goudriaan J., Van Laar H. 2012. Modelling potential crop growth processes: textbook with exercises (Vol. 2). Springer Science & Business Media.

- Gutiérrez R., Mitchell S., Solis R. 2008. *Psidium guajava*: A review of Its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*. 117 (1): 1–27.
- Hunt R. (1982). *Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis*. Edward Arnold Ltd.
- INM. 1989. *Normas e instrucciones para las observaciones fenológicas. sección de meteorología agrícola y fenología*. Madrid.
- Insuasty O., Monroy R., Diaz A., Bautista J. 2007. *Manejo integrado del picudo de la guayaba Conotrachelus psidii Marshall en Santander*. Corpoica, Ica, Secretaria de Agricultura y desarrollo de Santander. Bogotá. Produmedios.
- Junqueira W., Franco J. 1975. *Cultura da goiba*. Campinas, CATI. Brasil. 3p.
- Koch E., Bruns E., Chmielewski F., Defila C., Lipa W., Menzel A. 2007. *Guidelines for plant phenological observations*. World Climate Data and Monitoring Programme.
- Laguado N., Marín M., de Moreno L., Araujo F., de Rincón C., Rincón A. 2002. *Crecimiento del fruto de guayaba (Psidium Guajava L.) del tipo criolla roja*. *Revista de La Facultad de Agronomía*. 19 (4).
- Lancashire P., Bleiholder H., Boom T., Langelüddeke P., Stauss R., Weber E., Witzemberger A. 1991. *A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds*. *Annals of Applied Biology*. 119 (3): 561–601.
- Larcher W. 2000. *Temperature stress and survival ability of Mediterranean sclerophyllous plants*. *Plant biosystems*. 134(3): 279-295.
- Lozano T., Toro J., García J., Reyes R., Lozano R. 2002. *Manual sobre el cultivo del guayabo en Colombia*. Primera edición. Cali, Colombia. (No. Doc. 22526)
- Mantovani M., Ruschel A., Reis M., Puchalski A., Nodari R. 2003. *Fenología reproductiva de espécies arbóreas em uma formacao secundária de floresta atlântica*. *Revista Árvore*. 27 (4).

- Marín M., Casassa A., Rincón A., Labarca J., Hernández Y., Gómez E., Martínez J. 2000. Comportamiento de tipos de guayabo (*Psidium guajava* L.), injertados sobre *Psidium friedrichsthalianum* Berg-Niedenzu. *Revista de La Facultad de Agronomía*. 17(5).
- Martínez-Calvo J., Badenes M., Llácer G., Bleiholder H., Hack H., Meier U. 1999. Phenological growth stages of loquat tree (*Eriobotrya Japonica* (Thunb.) Lindl.). *Annals of applied biology*. 134(3): 353-357.
- Meier U. 2001. Estadios de las Plantas Mono y Diotyledóneas. Centro Federal de Investigaciones Biológicas Para Agricultura Y Silvicultura, Alemania.
- Meier U., Bleiholder H., Buhr L., Feller C., Hack H., Heß M., Lancashire P.,...Weber E. 2009. The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants-history and publications. *Journal Für Kulturpflanzen*. 61 (2): 41–52.
- Melgarejo P., Martínez-Valero R., Guillamón J., Miró M., Amorós A. 1997. Phenological stages of the pomegranate tree (*Punka Granatum* L.). *Annals of Applied Biology*. 130 (1): 135–40.
- Melgarejo L., Rodríguez N. 2015. Granadilla (*Passiflora Ligularis* Juss): caracterización ecofisiológica del cultivo. Bogota, Colombia. Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá). Facultad de Ciencias: Colciencias: Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de las Pasifloras de Colombia – CEPASS.
- Menzel A., Dose V. 2005. Analysis of Long-Term time series of the beginning of flowering by bayesian function estimation. *Meteorologische Zeitschrift*. 14 (3): 429–34. doi:10.1127/0941-2948/2005/0040.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2012. Anuario estadístico de frutas y hortalizas 2006-2010 y sus calendarios de siembra y cosecha. Bogotá: MADR.
- Monroy A., Insuasty I. 2006. Biología del picudo de la guayaba *Conotrachelus psidii* (Marshall)(Coleoptera: Curculionidae). *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(2). 73-79.
- Müller M. 2003. Ecofisiología del cultivo del cacao. Conferencia seminario internacional de agroforestaría con énfasis en cacao. en . Bucaramanga. Colombia.

- Nava A., González V., Sánchez P., Peña C., Livera M., Brito T. 2004. Crecimiento y fenología del guayabo (*Psidium Guajava L.*) cv. Media China en Iguala, Guerrero. *Fitotecnia Mexicana* 27 (4).
- Núñez L., Gómez R., Guarín G., León G. (2004). Moscas de las frutas (Díptera: Tephritidae) y parasitoides asociados con *Psidium guajava L.* y *Coffea arabica L.* en tres municipios de la Provincia de Vélez (Santander, Colombia) Parte 2: Identificación y evaluación de parasitoides del Orden Hymenoptera. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 5(1), 13-21.
- Okunrobo L., Imafidon K., Alabi A. 2010. Phytochemical, Proximate and metal content analysis of the leaves of *Psidium guajava Linn* (Myrtaceae). *International Journal of Health Research* 3 (4): 217–221.
- Parra C. 2014. Sinopsis de La familia Myrtaceae y clave para la identificación de los géneros nativos e introducidos en Colombia. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*. 38 (148): 261–277.
- Pérez-Barraza M., Osuna-García J., Padilla-Ramírez J., Sánchez-Lucio R., Nolasco-González E., González-Gaona Y. 2015. Fenología, productividad y calidad de fruto de guayaba pulpa crema y rosa en clima tropical en México. *Interciencia*. 40(3)
- Rajan S., Tiwari D., Singh V., Saxena P., Singh S., Reddy Y.,... Kennedy R. 2011. Application of extended BBCH scale for phenological studies in mango (*Mangifera indica L.*). *Journal of Applied Horticulture*. 13 (2): 108–114.
- Rangel M., 1996. Caracterización de la producción de la agroindustria de la guayaba en la Provincia de Vélez y Ricaurte. Aspectos socio económicos. Documento CIMPA. Barbosa, Santander.
- Ramírez F., Fischer G., Davenport T., Pinzón J., Ulrichs C. 2013. Cape gooseberry (*Physalis Peruviana L.*) phenology according to the BBCH phenological scale. *Scientia Horticulturae*. 162. 39–42. doi:10.1016/j.scienta.2013.07.033.
- Reynolds M., Thretowan R., Crossa J., Vargas M., Sayre K. 2002. Physiological factors associated with genotype by environment interaction in wheat. *Field Crops Research*. 75 (2): 139–160.

- Riaza M. 2012. Las observaciones fenológicas como evidencia del cambio climático. ECOPÁS: Asociación Técnica de Ecología del y Seguimiento Ambiental. 1–25. CONAMA 2012: Congreso Nacional Del Medio Ambiente.
- Rathore D. 1976. effect of season on the growth and chemical composition of Guava (*Psidium guajava* L.) fruits. *J Hort Science*. 41: 41-47.
- Salazar D., Melgarejo P., Martínez R., Martínez J., Hernández F., Burguera M. 2006. Phenological stages of the guava tree (*Psidium Guajava* L.). *Scientia Horticulturae* 108 (2): 157–161. doi:10.1016/j.scienta.2006.01.022.
- Salinero M., Vela P., Sainz M. 2009. Phenological growth stages of kiwifruit (*Actinidia Deliciosa* ‘Hayward’). *Scientia Horticulturae*. 121(1): 27–31. doi:10.1016/j.scienta.2009.01.013.
- Sallunkhe D., Desahi B. 1984. Guava. Charter 5: Guava. In *Postharvest Biotechnology of Fruits Volumen II*. CRP Pres, Inc. 39–46.
- Schwartz M. 2013. *Phenology: An Integrative Environmental Science*. In Second Edition. Springer.
- Shruthi S., Roshan A., Timilsina S., Sunita S. 2013. A review on the medicinal plant *Psidium guajava* Linn. (Myrtaceae). *Journal of Drug Delivery y Therapeutics*. 3: 162–168.
- Systat Software. 2006. *SigmaStat 3.5 user’s manual*. Systat Software, Point Richmond, CA.
- Solarte M. 2013. Aspectos ecofisiológicos y compuestos bioactivos de guayaba (*Psidium guajava* L.) en la Provincia de Vélez, Santander-Colombia (Doctoral dissertation, Doctor en Ciencias Biológicas).
- Solarte, M.E., Romero, H.M., Melgarejo, L.M. 2010.a. Caracterización ecofisiológica de la guayaba de la hoyita del río Suárez. Capítulo 1, pp 25-56. En: *Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la guayaba (*Psidium guajava* L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva*. Morales, A.L., Melgarejo, L.M. (Editoras) Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 200pp. ISBN: 978-958-719-410-4

- Solarte, M.E., Insuasty, O., Melgarejo, L.M. 2010.b. Calendario fenológico de la guayaba en la hoyo del río Suárez. Capítulo 2, pp 59-82. En: Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la guayaba (*Psidium guajava* L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva. Morales, A.L., Melgarejo, L.M. (Editoras) Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 200pp. ISBN: 978-958-719-410-4
- Solarte M., Melgarejo L., Martínez O., Hernández M., Fernández-Trujillo J. (2014). Fruit quality during ripening of Colombian guava (*Psidium guajava* L.) grown at different altitudes. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 12(2): 669-675.
- Somarriba-Chávez E. 1985. Árboles de guayaba (*Psidium guajava* L.) en pastizales. I. Producción de fruta y potencial de dispersión de semillas. *Turrialba*. 35(3): 289-295.
- Stevens P. 2012. Angiosperm Phylogeny Website. Version 12, [and More or Less Continuously Updated since]. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.
- Steward F. 2012. Analysis of Growth. Behavior of Plants and their Organs VA. Elsevier.
- Taiz L., Zeiger E. 2006. Plant Physiology. Fourth Edition. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts.
- Torres D., Larreal..., Palmar C., Lara C. 2016. Crecimiento y producción de plantas de guayabo (*Psidium Guajava* L.) bajo riego e incidencia de frutos enfermos. *Revista de La Facultad de Agronomía*. 23 (1): 60-69.
- Wadsworth. F. 1964. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. *Agriculture Handbook*. (249).
- Wilson P., O'Brien M., Gadek P., Quinn C. 2001. Myrtaceae revisited: areassessment of infrafamilial groups. *American Journal of Botany*. 88 (11): 2013-2025.

Apéndices

**Apéndice A: Tabla Características principales del fruto *Psidium guajava* L. variedad
Regional Roja (RR)**

Parámetro	Regional Roja
Forma	Redonda
Peso g	100
Color pulpa	Roja
Corteza mm	0,73
Sólidos solubles (55%)	11,8
Acidez (%)	0,54
SST/Acidez	21,85
Semilla %	3,95
Vitamina C (mg/100 ml)	120
Pectina (%)	0,86
Uso mesa	X
Uso Bocadillo-jalea	X

Fuente. (Lozano et al., 2002).

Apéndice B: Tabla Código BBCH para frutales de pepita (Meier 2001)

Estadio principal 0. Desarrollo de las yemas 00	
código	Descripción
00	Letargo: yemas foliares y florales, cerradas y cubiertas de escamas marrón-oscuro
01	Comienzo del hinchado de las yemas foliares: yemas visiblemente hinchadas.
02	más alargadas, con manchas ligeramente coloreadas
03	Fin del hinchado de las yemas vegetativas; escamas de las yemas ligeramente
05	coloreadas, con algunas zonas cubiertas densamente de pelos
07	Comienzo de la abertura de las yemas; primeros ápices foliares verdes, visibles
09	Ápices foliares verdes, sobre 5 mm por encima de las escamas
Estadio principal 1. Desarrollo de las hojas (estadio juvenil) 10	
código	Descripción
10	Estadio cotiledón: cotiledones, desplegados horizontalmente;
11	1a hoja, visible, (tamaño cabeza de alfiler).
12	1er par de hojas, visible, sin desplegar todavía; (tamaño de arvejas/guisantes)
14	2 hojas (1er par de hojas), desplegadas
15	4 hojas (2o par de hojas), desplegadas
1.	5 hojas, desplegadas. Los estadios continúan hasta
19	9 o más hojas, desplegadas
Estadio principal 5. Aparición del órgano floral (tallo principal) 51	
código	Descripción
51	Comienzo del alargamiento del tallo principal
52	Tallo principal, con 20 cm de longitud
53	Los puntos de inserción de los brotes laterales, visibles sobre el tallo principal
54	Brotes laterales, claramente visibles sobre el tallo principal

55	Las primeras flores individuales en los brotes laterales visibles
59	Primeras brácteas, visibles; botones florales, aún cerrados
Estadio principal 6. Floración 60	
código	Descripción
60	Primeras flores, abiertas
61	Comienzo de la floración: alrededor del 10 % de las flores están abiertas
62	Alrededor del 20 % de las flores están abiertas
63	Alrededor del 30 % de las flores están abiertas
64	Alrededor del 40 % de las flores están abiertas
65	Plena floración: alrededor del 50 % de las flores están abiertas; caen los 1os.
67	pétalos Flores marchitándose: la mayoría de los pétalos se han caído
69	Fin de la floración: Todos los pétalos, caídos

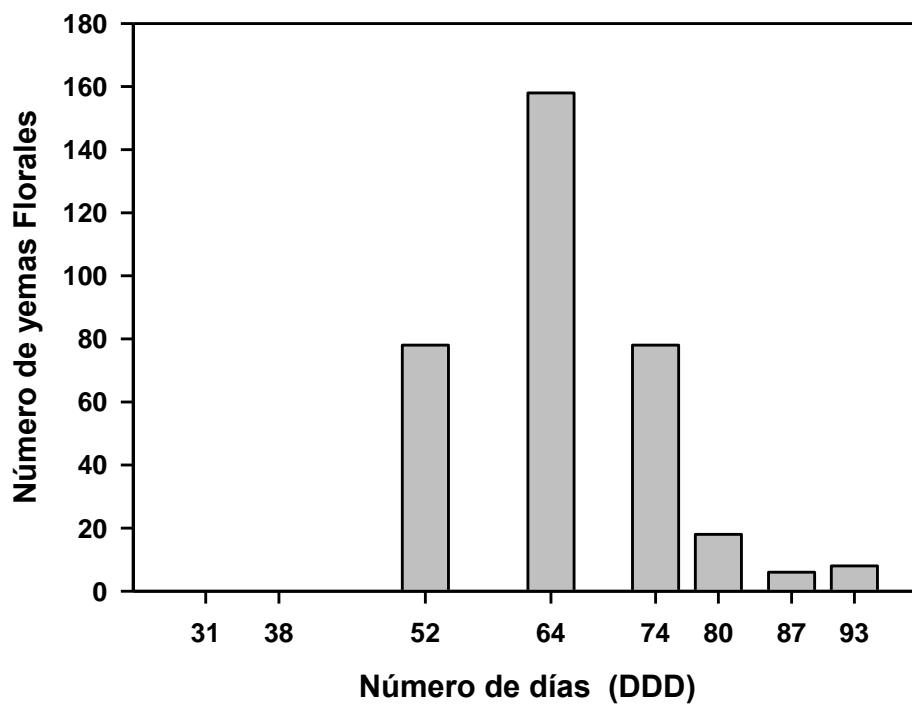
Fuente: Meier 2001

Apéndice C: Tabla. Estadios principales de crecimiento según escala BBCH extendida

ESTADIO PRINCIPAL	<i>DESCRIPCIÓN</i>
0	<i>Germinación, brotación, desarrollo de la yema.</i>
1	<i>Desarrollo de las hojas (brote o tallo principal)</i>
2	<i>Formación de brotes laterales / macollamientos (ahijamiento)</i>
3	<i>Crecimiento longitudinal del tallo o crecimiento en roseta, desarrollo de brotes (retoños) / encañado (tallo principal)</i>
4	<i>Desarrollo de las partes vegetativas cosechables de la planta o de órganos vegetativos de propagación / embuchamiento</i>
5	<i>Emergencia de la inflorescencia (Tallo principal) / Espigamiento</i>
6	<i>Floración (Tallo principal)</i>
7	<i>Desarrollo del fruto</i>
8	<i>Coloración o maduración de frutos y semillas</i>
9	<i>Senescencia, comienzo de la dormancia</i>

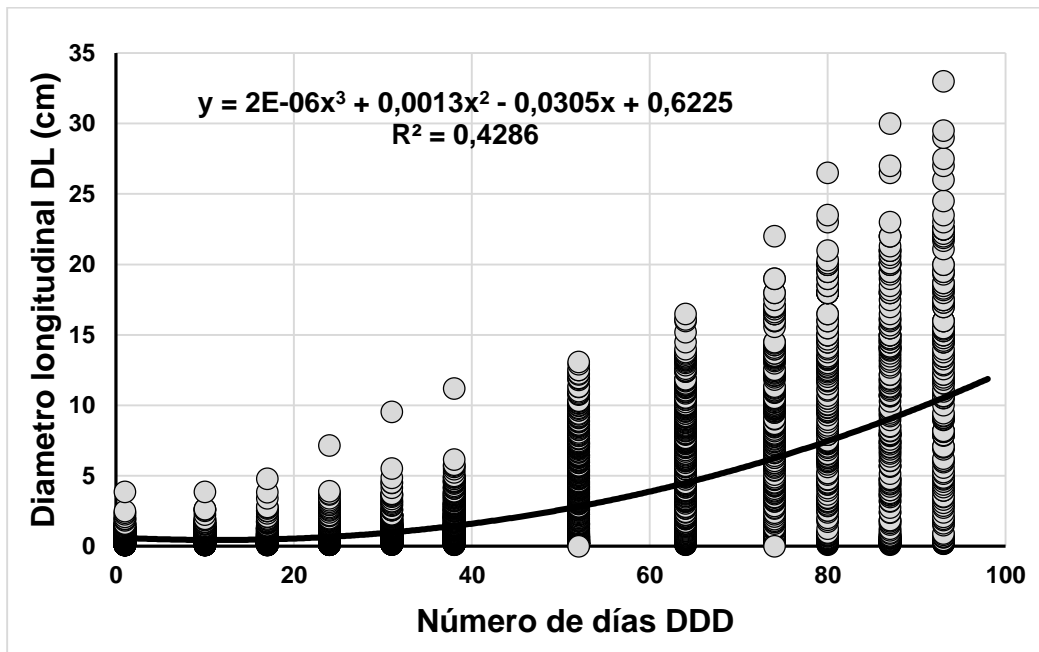
Fuente: Meier 2001

Apéndice D: Aparición de yemas florales a través del tiempo DDD (Enero- abril 2010) en el árbol de *Psidium guajava* L. (RR) bajo condiciones de campo, en el huerto élite de la estación experimental CIMPA

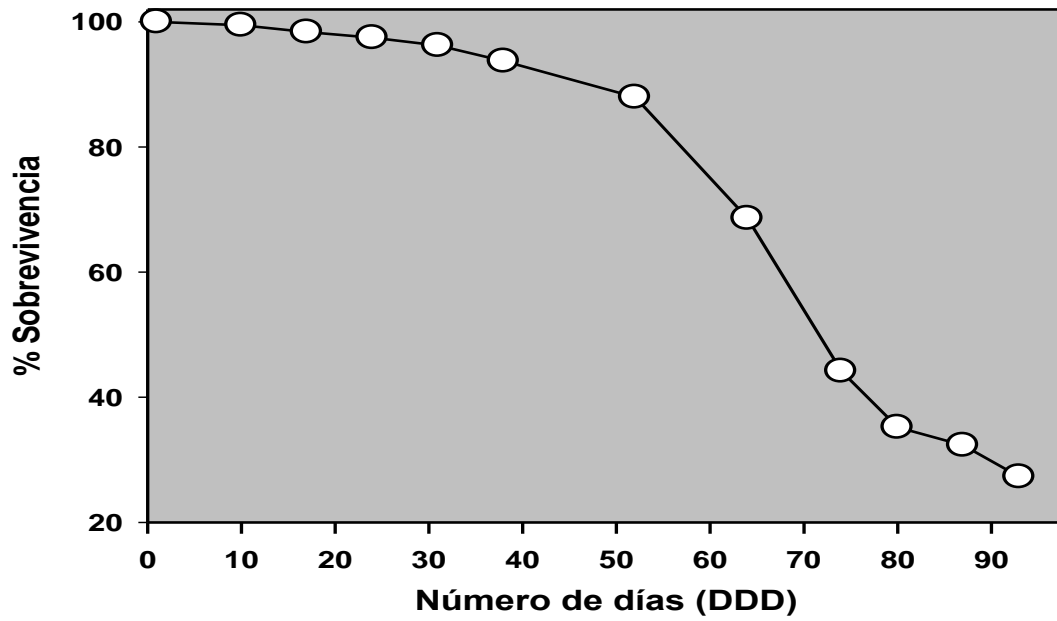


Apéndice E: Curva de crecimiento ajustada para todas las yemas vegetativas de *Psidium guajava* L. (Regional Roja). CIMPA Barbosa, Santander. Modelo polinomial 3^{er} grado.

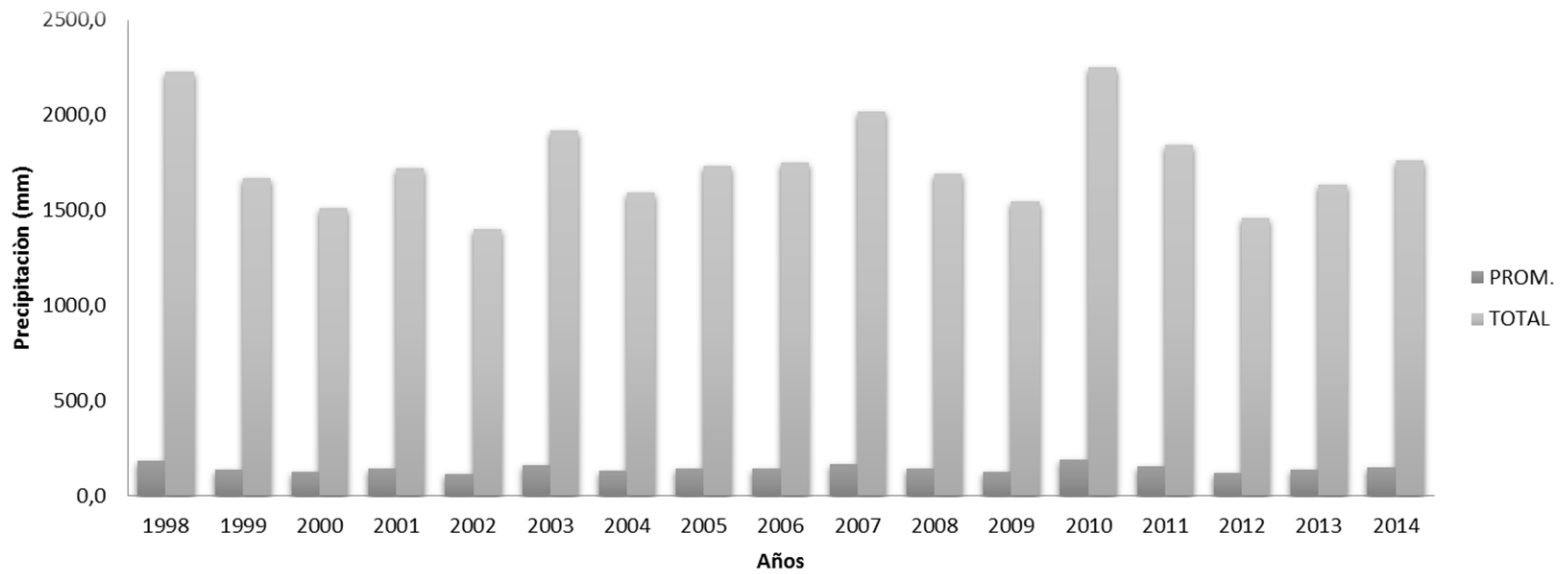
$R^2=0,43$.

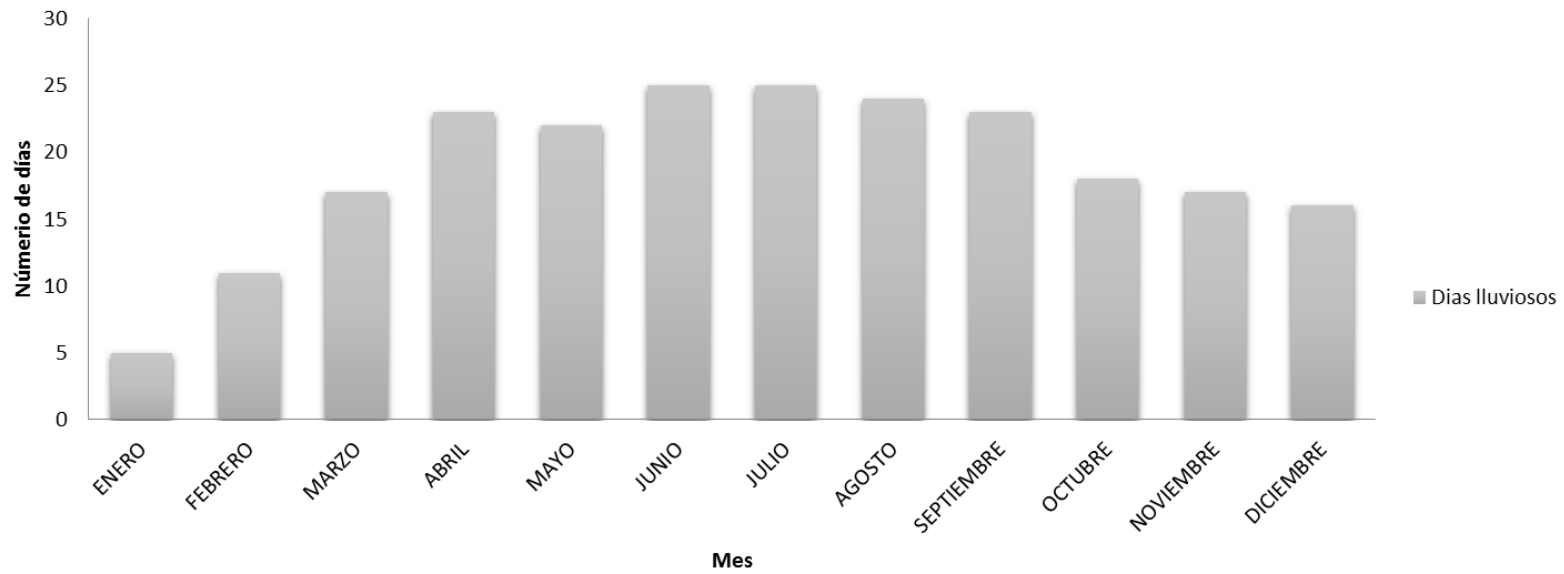


Apéndice F: Porcentaje de sobrevivencia de las yemas vegetativas en las plantas de *Psidium guajava* L. (Regional Roja) después de DDD. Barbosa, Santander.



Apéndice G Precipitación total anual y promedio mensual (mm) desde 1988 hasta 2014, huerto élite de la estación experimental CIMPA.



Apéndice H Número de días lluviosos por mes; año 2010, huerto élite de la estación experimental CIMPA

Apéndice I Precipitación total mensual año 2010, huerto élite de la estación experimental CIMPA

