FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS

FENOLOGÍA FLORAL DE LA GUABA (*Inga edulis*) Y NARANJILLA (*Solanum quitoense*) DE ACUERDO A LA ESCALA BBCH PARA USO AGROINDUSTRIAL

Autoras

Myriam Stephanie Castillo Torres
Maritza Elizabeth Quijia Quijia

Año
2019

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS

FENOLOGÍA FLORAL DE LA GUABA *(Inga edulis)* Y NARANJILLA *(Solanum quitoense)* DE ACUERDO A LA ESCALA BBCH PARA USO AGROINDUSTRIAL

"Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para optar por el título de Ingenieras Agroindustriales y de Alimentos"

Profesor guía
Ph.D Mauricio Andrés Racines Oliva.

Autoras
Myriam Stephanie Castillo Torres
Maritza Elizabeth Quijia Quijia

Año
2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Fenología floral de la guaba *(Inga edulis)* y naranjilla *(Solanum quitoense)* de acuerdo a la escala BBCH para uso agroindustrial, a través de reuniones periódicas con el estudiante Myriam Stephanie Castillo Torres y Maritza Elizabeth Quijia Quijia, en el semestre 201910, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

_____

Mauricio Andrés Racines Oliva
Doctor of Bioscience Engineering
C.I.: 171090216-2

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Fenología floral de la guaba *(Inga edulis)* y naranjilla *(Solanum quitoense)* de acuerdo a la escala BBCH para uso agroindustrial, del Myriam Stephanie Castillo Torres y Maritza Elizabeth Quijia Quijia, en el semestre 201910, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Wilson Arturo Vásquez Castillo
Philosophy Doctor in Plant Physiology
C.I.:1001186210

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Myriam Stephanie Castillo Torres	Maritza Elizabeth Quijia Quijia
C.I.: 1714287495	C.I.:17232507-7

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios en primer lugar, a nuestras familias, amigos que brindaron todo su apoyo en todo momento para la finalización de este estudio.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en dos cultivos tradicionales que son la guaba (*Inga edulis*) y la naranjilla (*Solanum quitoense).* Para el cultivo de guaba la investigación se realizó en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Nayón que tiene una temperatura entre 18°C a 22°C y se encuentra ubicada a 2325 msnm. *Inga edulis* es una especie utilizada para brindar sombra en algunos cultivos como el café y cacao. En el caso de la naranjilla se realizó en la provincia de Pichincha, cantón San Miguel de los Bancos, comunidad San José de Saloya que tiene una temperatura varía entre los 15°C a 32°C, una altitud de 1950 msnm. La naranjilla es una fruta tradicional utilizada especialmente en la industria alimenticia.

En este estudio se realizó observaciones semanales de las fenofases vegetativa y reproductiva de los dos cultivos con el fin de observar la duración y cada cambio que se presentó en la fase de floración y desarrollo del fruto. Para lo cual se seleccionó 15 árboles de guaba en los cuales se marcó 30 yemas para seguirlas en el tiempo y en la naranjilla se seleccionaron 30 plantas y en cada una se marcaron 2 estructuras para observar su desarrollo. Durante el estudio los árboles de guaba y plantas de naranjilla seleccionadas presentaron brotación, caída del follaje y fructificación constante. Estos cambios variaron dependiendo las condiciones climáticas de los cultivos, ya que algunas fases se intensificación por las precipitaciones. Con los resultados obtenidos finalmente se determinó que la etapa de floración duro 155 días para el cultivo de guaba, mientras en el cultivo de naranjilla se demoró 100 días. Con esto se realizó la escala fenológica, visual BBCH de la fase de floración e inicios de fructificación para dar a conocer más información acerca de los cultivos.

Palabras clave: *Inga edulis, Solanum quitoense,* floración, escala BBCH

ABSTRACT

The present investigation was carried out in two traditional crops that are guaba (*Inga edulis)* and naranjilla *(Solanum quitoense).* For guaba, the research was conducted in the province of Pichincha, Quito, Nayón parish, which has a temperature between 18 ° C to 22 ° C and is located at 2325 meters above sea level. *Inga edulis* is a specie used to provide shade in some crops such as coffee and cocoa. In the case of naranjilla was carried out in the province of Pichincha, San Miguel de los Bancos, community San José de Saloya that has a temperature between 15 °C and 32 ° C, an altitude of 1950 meters above sea level. Naranjilla is a traditional fruit used especially in the food industry. In this study, weekly observations were made of the vegetative and reproductive phenofases of the two crops in order to observe the time that each change has in the flowering phase and the beginning of fruit set. For which 15 guaba trees were selected in which 30 buds were marked to follow them in time and in the naranjilla 30 plants were selected, in each one 2 structures were marked to observe their development. During the study the guaba trees and selected naranjilla plants presented sprouting, foliage falls and constant fructification. These changes varied depending on the climatic conditions of the crops, since some phases are intensified by rainfall.

With the results obtained, it was finally determined that the flowering stage lasted 155 days for the guava culture, while in the naranjilla it was delayed 100 days. With this, the phenological, visual BBCH scale of the flowering phase and the beginning of fruiting was carried out in order to present more information about the crops.

Key words: *Inga edulis, Solanum quitoense,* flowering, BBCH scale

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1 Justificación 4
1.2 Alcance 5
2. OBJETIVOS 6
2.1 Objetivo general: 6
2.2 Objetivos específicos: 6
3. REVISIÓN DE LITERATURA 6
3.1 Especies estudiadas 6
3.1.1 Guaba (Inga edulis) 7
3.1.1.1 Generalidades 7
3.1.1.2 Requerimientos de clima y suelo 9
3.1.1.3 Manejo del cultivo 9
3.2.2 Naranjilla (*Solanum quitoense*) 10
3.2.1 Generalidades 10
3.2.2.2 Requerimientos de clima y suelo 12
3.2.2.3 Manejo del cultivo 12
3.2 Fenología 13
3.2.1 Floración 15
3.2.2 Unidades térmicas 16
3.2.3 Escala BBCH 19
4. MATERIALES Y MÉTODOS 21
4.1 Materiales 21
4.1.1 Material biológico 21
4.1.2 Materiales de campo 21
4.1.3 Material de laboratorio 21
4.2 Métodos 21
4.2.1 Ubicación del estudio 22
4.2.2 Estadística 22
4.2.3 Unidad experimental 23

4.2.4 Escala BBCH 23
4.2.5 Variables 26
4.2.6 Manejo del experimento 27
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 28
5.1 Cultivo de guaba 28
5.1.1 Desarrollo de la yema latente (Escala BBCH:500) 28
5.1.2 Desarrollo de los botones florales de guaba (Escala BBCH: 520, 521,525 y 529) 30
5.1.3 Desarrollo de las flores del cultivo de guaba (Escala BBCH: 529, 620, 621, 623 y 625) 31
5.1.5 Escala visual de la fenología reproductiva de la guaba de acuerdo a la escala BBCH, Nayón 218. 31
5.1.6 Descripción visual, ampliada y cronológica del desarrollo de las estructuras de guaba por etapa de crecimiento 39
5.1.7 Características físico-químicas del fruto guaba 45
5.2 Cultivo de naranjilla 48
5.2.1 Yema latente de la planta de naranjilla (Escala BBCH: 500, 501, 502 y 503) 48
5.2.2 Desarrollo de los botones florales de naranjilla (Escala BBCH: 509, 510, 5N) 50
5.2.3 Desarrollo de las flores de naranjilla (Escala BBCH: 601, 609, 6N) 51
5.2.4 Desarrollo del fruto de naranjilla (Escala BBCH: 701,703, 710) 53
5.2.5 Escala visual de la fenología reproductiva de la naranjilla de acuerdo a la escala BBCH, San Miguel de los Bancos 2018 53
5.2.6 Descripción visual, cronológica y ampliada del desarrollo de las estructuras de naranjilla por etapa de crecimiento 59
5.2.7 Características físico-químicas del fruto de naranjilla 65
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 68
6.1 Conclusiones 68

6.2 Recomendaciones 68
REFERENCIAS 69
ANEXOS 77

1. INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país con gran diversidad biológica, dentro de ella, se encuentran las plantas vasculares donde se incluyen la naranjilla (*Solanum quitoense)* y *guaba (Inga edulis),* estas dos especies son de gran importancia por su hábito de siembra (Sinisterra, Gallego y Armbrecht, 2016).

El árbol *Inga edulis* posee un tronco de 50 centímetros de diámetro, una altura 20 de metros, corteza delgada de textura lisa y color blanquecino. Tiene hojas con borde entero, compuestas y pubescentes. Además, sus flores se caracterizan por ser inflorescencias terminales de color blanco rojizo.
El fruto es una vaina con medidas aproximadas de 15 centímetros de largo (Lojka, Preininger, Van Damme, Rollo y Banout, 2012).

La guaba es una especie forestal de gran utilidad ya que actúa como regulador de temperatura y radiación solar, protege al suelo mediante la retención de humedad que brinda sombra, ayuda a controlar la erosión del suelo, lo cual es beneficioso si se asocia con los cultivos de cacao y café (Lojka, Preininger, Van Damme, Rollo y Banout, 2012). En la región sierra ecuatoriana se encuentra en las provincias de Pichincha, Carchi, Tungurahua, Azuay, Imbabura y Chimborazo (Ruales, 2007).

Siendo un árbol con alto valor socioeconómico por su madera no resinosa. Está especie maderable es utilizada mayormente en la carpintería y también como leña (Lojka, Preininger, Van Damme, Rollo y Banout, 2012).

El género *Inga* posee semillas *recalcitrantes,* es decir este tipo de semillas no pueden sobrevivir por periodos largos, ya que le afecta los ambientes secos o fríos menores a 10°C. Por lo cual dificulta su almacenamiento debido a que son sensibles a la desecación. De acuerdo a estudios realizados en el 2013 en la Universidad de Quindío se determinó el porcentaje de humedad en semillas que fue del 43,68% (Orozco, Prado y Ramírez, 2013).

La falta de investigaciones recientes acerca de este árbol ha provocado que se haya ido olvidando en los últimos años. Sin embargo, por tradición aún se siembra este cultivo por la sombra que brinda a otros cultivos y retención de agua en el suelo, los cuales no son conocidos por el agricultor y el consumidor (Sinisterra, Gallego y Armbrecht, 2016).

Del mismo modo la naranjilla *(Solanum quitoense)* es un fruto tradicional en el Ecuador por ello es importante conocer los beneficios que brinda. La demanda por parte de los consumidores de productos que aporten a su dieta con propiedades nutritivas y saludables está creciendo tanto en el mercado local como en el mundial, exigen sabores distintos, uno de estos productos es la naranjilla *(Solanum quitoense)* cultivada especialmente en Ecuador y Colombia (Messinger y Lauerer, 2015).

La naranjilla es también conocida como lulo o “fruta dorada” de los Andes, es parte de la familia Solanaceae y comprende 14 especies (Medina, Lobo y Martínez, 2009). Las variedades más importantes son *Solanum quitoense Var. quitoense y Solanum quitoense Var. septentrionale* (Ramírez, Kallarackal y Davenport, 2018).

El cultivo de la naranjilla es considerado como promisorio por su valor nutricional y palatabilidad, donde Ecuador y Colombia poseen el título de líderes en su producción. Sin embargo, con el paso de los años Costa Rica, Venezuela, Panamá, Perú y Guatemala muestran un crecimiento importante en la producción y comercialización de este cultivo el cual ha ganado importancia en la industria alimenticia, ya que con él se elaboran jugos, alimentos procesados, yogurt, saborizantes, entre otros (Arias y Rendón, 2014).

En Ecuador la naranjilla es cultivada en la Amazonía y en las estribaciones de la cordillera de los Andes. Estos lugares tienen un clima semi tropical especialmente Nanegalito, Zamora, Puyo, Lago Agrio, Los Bancos, Baños, Baeza, Sucúa (Andrade, Moreno, Guijarro y Concellón, 2015). Las variedades

híbridas cultivadas son "Baeza", "Híbrido Puyo", "Septentrional", "Bola" y la “naranjilla de jugo” la cual posee características distintas como la pulpa color y epidermis color verde y es aromática en la cosecha (Andrade, Moreno, Guijarro y Concellón, 2015).

En el país han ganado popularidad los híbridos que son el producto del cruzamiento de dos especies diferentes. El producto resultante que se lo conoce como “híbrido” tendrá características distintas a la especie original, son a menudo estériles o parcialmente fértiles, la hibridación es utilizada para incrementar la diversidad genética, adaptación, reforzamiento o ruptura de barreras ecológicas, biológicas y la creación de especies nuevas (Dorado y Rangel, 2018).

El costo de producción de los híbridos es bajo y el fruto tiene mayor tamaño, como “Espinudo”, “INIAP-Palora” que representan el 95% de las hectáreas cultivadas en Ecuador, el 5% restante se cultivan otras variedades como “Bola”, “Agria”, “Baeza”, “Dulce”, estas tienen un mayor costo de producción (Ochoa, Ellis y Alwang, 2010).

Dentro del fruto de la naranjilla se encuentran alrededor de mil semillas las cuales tienen forma redonda y son lisas. Existe una relación entre el peso del fruto y el de las semillas por lo que es importante la polinización para obtener un fruto de un tamaño adecuado.

Las semillas tienen un porcentaje de germinación de 50 y 60% cuando están en estado fresco. Después de 60 días de su extracción disminuye su porcentaje. La temperatura de germinación es de 21°C y 26° C (Franco, Bernal, Giraldo, Tamayo, Castaño, Gallego, Botero, Rodríguez, Cardona, Zuleta y Ramírez, 2002).

El cultivo de la naranjilla presenta algunos problemas sanitarios causados por nemátodos que atacan a la raíz como *Melodogyne incognita* y *Fusarium*

oxysporum que causan marchitez vascular. Dentro de las plagas principales que atacan al cultivo se encuentra el gusano de la fruta *Neoleucinodes elegantalis*. La exposición a plagas ha provocado que los agricultores opten por el uso inadecuado de agroquímicos lo que produce daños al ambiente y deja residualidad en los frutos dando como resultado efectos negativos en la salud del consumidor (Viteri, Vasquez, Leon, Viera, Posso, Hinojosa, Revelo, y Ochoa, 2009).

Es importante identificar las fases fenológicas especialmente el desarrollo del fruto, todas las fases se pueden describir mediante el uso de distintas escalas dentro de las cuales está la BBCH, esta información ayudará a los productores a conocer acerca del manejo adecuado del cultivo para producir a gran escala y comercializar sus productos (Monteiro, Siqueira, Chamhun, Pereira y Cecon, 2013).

La escala BBCH ha sido utilizada alrededor del mundo en investigaciones, agricultura y prácticas de horticultura. La escala BBCH describe el desarrollo fenológico de las plantas dicotiledóneas y monocotiledóneas para lo cual utiliza codificaciones numéricas en las fases de crecimiento (Meier, Bleiholder, Buhr, Feller, Hack, Heb, Lancashire, Schnock, Staub, Van den Boom, Weber y Zweger, 2009).

Es de gran importancia esta descripción para los agricultores, ya que la utilizan como guía dando como resultado un aumento en la productividad de sus cultivos (Meier, Bleiholder, Buhr, Feller, Hack, Heb, Lancashire, Schnock, Staub, Van den Boom, Weber y Zweger, 2009).

1.1 Justificación

Tanto el cultivo de la naranjilla y guaba son tradicionales en Ecuador, por lo que se necesita proporcionar información acerca de su desarrollo en etapas importantes como la floración e inicio de desarrollo del fruto.

La escala BBCH permite describir estas etapas de forma gráfica de tal manera que sea de fácil acceso y entendimiento.

El III Censo Nacional Agropecuario (CNA, 2002) muestra que de las 162818 unidades agropecuarias productivas (UPA) en el país solamente 5992 se dedican al cultivo de naranjilla. De acuerdo con el MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2002) la producción total de naranjilla es de 20005 toneladas con una superficie total cosechada es de 3643 hectáreas.
Si se compara con la producción de 1990 que fue de 20663 toneladas se nota que se ha reducido en un 4% la producción de este cultivo.

Existen varios problemas con el cultivo, pero el principal de acuerdo con Andrade (2005) es el uso de pesticidas en cantidades inadecuadas y además la información descriptiva acerca de etapas importantes como la floración e inicios de fructificación son escasas, todo esto ha provocado que los costos se disparen y la rentabilidad del cultivo sea cada vez más baja (Andrade, 2005).

Existe escasa información acerca del cultivo de guaba, por lo cual se pretende maximizar su productividad por medio de este estudio. De tal manera ofrecer más información de las etapas fenológicas de esta especie.

Según datos obtenidos de la CFN en el 2016 se registró 226316 árboles de guaba, mientras en el 2014 se registró 434000 árboles.
Esto indica que hubo una reducción de 167000 árboles de guaba durante el 2015 (CFN, 2018).

1.2 Alcance

El estudio permitió describir las fases fenológicas de acuerdo con la BBCH, desde la etapa 5 que corresponde a la emergencia de la inflorescencia, la 6 que corresponde a la floración y 7 que es la etapa que da a la fructificación *in situ* de guaba (*Inga edulis)* y naranjilla (*Solanum quitoense*).

Se desarrolló información para los productores e investigadores para ayudar al manejo de los cultivos así reducir las pérdidas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

Describir la floración e inicio de fructificación de la guaba *(Inga edulis)* y naranjilla *(Solanum quitoense)* según la escala BBCH como base informativa para la mejora de la productividad.

2.2 Objetivos específicos:

- Desarrollar de forma gráfica el proceso de floración de los cultivos de guaba *(Inga edulis)* y naranjilla *(Solanum quitoense).*
- Determinar el momento de desarrollo del fruto de guaba *(Inga edulis)* y naranjilla *(Solanum quitoense)* mediante incremento de su tamaño.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

El manejo de los cultivos en la agricultura tradicional obedece al conocimiento que los agricultores han ido adquiriendo con el pasar los años mediante la observación. El conocimiento tradicional abarca las ideas, prácticas, innovaciones y procesos tecnológicos que han sido desarrollados por las comunidades (Sánchez, Argumedo, Álvarez, Méndez y Ortiz, 2016).
Es necesario conocer acerca de la fenología de los cultivos andinos y los requerimientos que estos necesitan para el desarrollo y crecimiento.

3.1 Especies estudiadas

En el presente estudio se describe las características de los cultivos de guaba y naranjilla.

3.1.1 Guaba (Inga edulis)

3.1.1.1 Generalidades

En América Latina la guaba es utilizada en la industria maderera y alimenticia, dentro de su género se encuentran aproximadamente 300 especies de árboles neotropicales, entre los cuales la gran mayoría son utilizados en la agricultura. Alrededor de 50 especies poseen frutos comestibles, 33 especies del género *Inga* son utilizadas en los cultivos perennes por la sombra que brindan (Silva, Rogez, Da Silva y Larondelle, 2013).

En la tabla 1, se presenta la clasificación taxonómicamente del cultivo de guaba.

Tabla 1.

Clasificación taxonómica de guaba (Inga edulis)

Reino	**Plantae**
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	*Inga*
Especies	*Inga*
Nombre científico	*Inga edulis*
Nombre común	Cuanicuil, guabillo, guajinicuil, guamo churimo, guamo, guabo, guaba, rabo de mono, guaba chilillo y mecate.

Adaptado de (Sinisterra, Gallego-Ropero y Armbrecht, 2016).

La guaba es un árbol de copa densa, aparasolada y ancha con ramificaciones, esta especie puede alcanzar una altura hasta de 30 m, con diámetros de 30 a 60 cm de tronco. Posee una corteza recta, cilíndrica y de color marrón claro. Sus hojas son paripinnadas y compuestas con una longitud de 15 a 25 cm. Posee un raquis con glándulas en formar de cráter en el cual se encuentran de

4 a 6 pares de foliolos opuestos. Presenta un ápice con base obtusa, aguda y oblongada de color verde oscuro. En el caso de las inflorescencias son racimos terminales que pueden medir entre 7 a 12 cm de diámetro polar. Las flores son hermafroditas de color blanco, las cuales llegan a medir entre 3,5 a 4 cm de diámetro polar. Posee un cáliz y corona tubular con 5 a 4 lóbulos, en los cuales existen numerosos estambres con filamentos filiformes que presentan un diámetro polar entre 3 a 4 cm que llegan a ser el ovario súpero (Falcao y Clement, 2000).

Los frutos de la guaba son vainas que miden de largo 40 a 80 cm, son de color café verdoso con estrías profundas. Los mismos que son carnosos y contienen un gran número de semillas de color negro en su interior, mientras el exterior está rodeado por un arilo blanquecino de textura algodonosa, el cual es comestible (De Freitas, Araújo, Soares, Nunomura, Da Silva, Souza, Montalbán, Acho, Lima, Bataglion y Koolen, 2017).

Las semillas que posee la guaba son de color negro y textura lisa, además presenta medidas entre 1 a 1,5 cm de largo aproximadamente. Dichas semillas son conocidas por poseer limitado tiempo de almacenamiento, ya que las mismas son recalcitrantes por lo cual su tiempo de conservación es corto (Orozco, Prado y Ramírez, 2013).

Los frutos que produce el árbol de guaba están compuestos químicamente por 84,9 mg de agua, 1,0 g de proteínas, 0,1 g de grasas, 13,6 g de carbohidratos y 0,8 g de fibra, además aportan con 53 Kcal de valor energético. De igual manera el contenido de tiamina es 0,05 mg, riboflavina de 0,01 mg y niacina de 0,5 mg. Todo esto por cada 10 g de pulpa de fruta. El fruto de guaba posee un pH de 4,00 (Collazos, White, Viñas, Alvistur, Urquieta, Vásquez, Díaz, Quiroz, Roca, Hegsted y Bradfield, 1995).

Inga edulis ayuda a controlar la fragmentación en el suelo evitando la erosión del mismo (Silva, Rogez, Da Silva y Larondelle, 2013). La gran mayoría de las *Ingas spp*. toleran suelos ácidos. Debido a la caída de las hojas se forma un

mantillo que mantiene la humedad en el suelo y la supresión de malezas (Sobanski y Marques, 2014).

Los frutos que producen estas especies se han utilizado desde tiempos antiguos como alimentos para el ser humano y animales, ya que al ser una pulpa carnosa de sabor dulce es muy apetecido (Collazos, White, Viñas, Alvistur, Urquieta, Vásquez, Díaz, Quiroz, Roca, Hegsted y Bradfield, 1995).

3.1.1.2 Requerimientos de clima y suelo

La guaba es originaria de Centroamérica, El Caribe y Amazonía, así como de los bosques andinos, se desarrolla en temperaturas que van desde los 15° C a los 22°C (Silva, Rogez, Da Silva y Larondelle, 2013).

La guaba o guabo se desarrolla mejor en suelos alcalinos y ácidos, también puede soportar hasta salinos. Se adapta a precipitaciones entre 1000 mm a 1300 mm, el pH debe encontrarse desde 4 (Sobanski y Marques, 2014).

3.1.1.3 Manejo del cultivo

El manejo del cultivo de guaba se realiza con densidades entre los 70 a 150 árboles por hectárea debido a la cantidad de follaje, los cuales son sembrados en distancias de 12x12 m. Sin embargo, en algunos casos los productores plantan este árbol en mayor número por hectárea por lo cual después de 3 o 4 años deben retirar algunos árboles para evitar competencia.

Para el desarrollo de la guaba las plántulas deben plantarse en un lugar que cumpla con las condiciones agroclimáticas descrita en la tabla 3. Durante el primer año se debe eliminar las malezas que crecen alrededor del cultivo. Este procedimiento se debe realizar hasta que el follaje pueda producir sombra para de esta manera limitar el desarrollo de malezas.

El árbol no se poda completamente, sólo las ramas secas ya que si se cortan por completo el árbol muere. Los raleos se realizan en épocas lluviosas para

aprovechar la luz y de esta manera influir positivamente en la productividad de nudos en las ramas (Monro, Velarde, Flores, Soruco, Reyes y Milliken, 2016).

3.2.2 Naranjilla (*Solanum quitoense*)

3.2.1 Generalidades

La naranjilla es originaria de las vertientes occidental y oriental de la cordillera de los Andes, así como de los bosques andinos húmedos del trópico, es cultivada en altitudes de 1600 y 2450 msnm, se desarrolla en temperaturas que van desde los 14°C a los 24°C (Ardila, 2015).

En América Latina la naranjilla es utilizada principalmente en la industria alimenticia ya que posee a un valor nutricional alto, apariencia y sabor exótico como varios tipos de *solanáceas*. La naranjilla pertenece a la sección *Lasiocarpa* formada por 11 a 13 especies, todas utilizadas en la industria agrícola y alimenticia (Cruz, Acosta, Cure y Rodríguez, 2007).

Se pueden encontrar dos tipos de solanáceas, *Solanum quitoense var. quitoense* que no presentan espinas y se adaptan mejor a la exposición solar y *Solanum quitoense var. septentrionale* que posee espinas y se adapta al sotobosque. Existe una variedad mejorada o común conocida como “naranjilla de jugo” (Ardila, 2015).

En la tabla 2, se presenta la clasificación taxonómica del cultivo de naranjilla.

Tabla 2

Clasificación taxonómica de la planta de naranjilla (*Solanum quitoense*)

Reino	**Vegetal**
Subreino	Espermatophyta
División	Angiosperma
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Simpétala
Orden	Pentacíclica
Familia	Tublifloras

Sección	Solanácea
Género	*Lasiocarpa*
Especies	*Solanum*
Variedades	*Quitoense*
Nombre científico	*Solanum Quitoense*
Nombre común	Naranjilla, lulo, quito range, naranjilla de castilla, berenjena de olor, morelle de Quito

Adaptado de (Revelo, Viteri, Vásquez, Valverde, León y Gallegos, 2010).

La naranjilla es una planta perenne, herbácea que mide de 1 a 2 m. Posee de cuatro a seis tallos leñosos y robustos que están cubiertos por espinas y pubescencias suaves y estrelladas. El tallo se vuelve leñosos con el paso del tiempo (Ramírez, Kallarackal y Davenport, 2018). Las hojas son aproximadamente de 30 a 40 cm de longitud, de forma oblonga con bordes ondulados, ubicadas de manera alterna. El color de las hojas cuando son jóvenes es verde violáceo en el envés y cuando son maduras se torna blanquecino, el haz es verde oscuro, el limbo es delgado y cubierto por vellosidades (Revelo, Viteri, Vásquez, Valverde, León y Gallegos, 2010).

Las flores tienden a agruparse en corimbos de cuatro a doce unidades que se adhieren a las axilas de las ramas mediante pedúnculos. Las flores son hermafroditas, el cáliz posee un color blanco en la parte superior y en la parte inferior de color púrpura. La corola es aterciopelada con cinco pétalos de color crema, las cuales envuelven a cinco estambres amarillos y el pistilo es verdoso (Revelo, Viteri, Vásquez, Valverde, León y Gallegos, 2010).

Los frutos son redondos, ovalados de 3 a 8 cm, cuando son inmaduros tienen un color verde claro, al madurar son de color amarillo brillante. Se encuentran cubiertos por una suave pilosidad, están unidos a la inflorescencia por pedicelos cortos. La corteza es lisa, la pulpa verdosa dividida en cuatro secciones en donde se encuentran las semillas, su sabor es agridulce (Ramírez, Kallarackal y Davenport, 2018).

Las semillas son redondas, lisas de aproximadamente de 2 a 3 mm de diámetro, su color es blanco cremoso, dependiendo de la variedad el número de semillas del fruto varía, comúnmente cada fruto posee entre 800 y 1200 semillas. Cuando se las extrae y están frescas el porcentaje de germinación es del 50 al 60%. La temperatura óptima de germinación es de 21°C y 26°C (Revelo, Viteri, Vásquez, Valverde, León y Gallegos, 2010).

De acuerdo con estudios realizados por Igual, Ramires, Mosquera y Martínez (2014), la naranjilla posee un contenido de agua de 90,3 g en 100 g de pulpa fresca, un pH de 3,29. El contenido de proteínas en 100 g de pulpa fresca es de 0,70 g, 0,20 g de grasa, 0,40 g de fibra (Funiber, 2017).

Dentro de los compuestos fenólicos el contenido de flavonoides en la pulpa es de 16,16 mg/g, el contenido de vitamina C es de 120 mg/100 g y ácido ascórbico es de 61, mg/100 (Igual, Ramires, Mosquera y Martínez, 2014).

3.2.2.2 Requerimientos de clima y suelo

La naranjilla o lulo se desarrolla mejor en suelos de textura franco, franco arenosa o arcillosa, que sean profundos mayores a los 60 cm con buen drenaje ya que no aguanta encharcamientos, la pendiente de inclinación del suelo debe ser no mayor al 40%, el pH debe encontrarse entre 5,3 y 6 (Revelo, Viteri, Vásquez, Valverde, León y Gallegos, 2010).

3.2.2.3 Manejo del cultivo

Para el establecimiento del cultivo de naranjilla se debe limpiar el terreno y realizar agujeros de 30 cm de ancho, largo y profundidad. Alrededor se deben formar canales de al menos 50 cm de profundidad que favorezcan al drenaje (INIAP,2014).

La época de siembra o de trasplante es en períodos lluviosos, con el fin de evitar que las plantas se deshidraten. La distancia de siembra entre plantas es de 2 m y entre hileras es de 2,5 m. Una vez que el cultivo se ha establecido es

necesario realizar deshierbes. Para el manejo de las malezas se puede utilizar herbicidas que se aplican a lo largo de los caminos que se forman entre plantas (Ardila, 2015).

Se deben realizar podas con el fin de retirar las ramas y la copa se mantenga productiva y sana. La poda se debe realizar en el período de desarrollo vegetativo que va desde el trasplante hasta los seis meses, este tipo de poda se lo conoce como poda de formación. Esta poda consiste en que todos los brotes de menos de 20 cm sean eliminados dejando únicamente el tallo principal (Revelo y Sandoval, 2003). La poda de saneamiento se realiza en la etapa reproductiva, se realiza para eliminar las hojas en exceso, ramas cruzadas, enfermas o que ya hayan cumplido sus funciones.
El manejo de plagas se lo realiza de acuerdo con el anexo 1 manejo de enfermedades del cultivo de naranjilla (INIAP, 2014).

Todo sistema agrícola necesita implementar observaciones fenológicas para tener mayor eficiencia en la programación planificación de sus distintas actividades agrícolas teniendo como resultado un incremento en la productividad y producción de sus cultivos (Yzarra, López, Mimbela, Chávez, Gómez, Rosas, Montañez y Mathews, 2011).

3.2 Fenología

La fenología es una rama de la Agrometeorología que se encarga del estudio de los cambios ambientales y sus efectos sobre los seres vivos. Los estudios se realizan mediante la observación de las fases fenológicas que resultan de la relación entre el hábitat, condiciones de tiempo, clima y los requerimientos climáticos de los cultivos (Yzarra, López, Mimbela, Chávez, Gómez, Rosas, Montañez y Mathews, 2011).

La fenología desde el punto de vista agronómico estudio el efecto de las consecuencias del clima y microclima en los cultivos. Una vez conocido el clima y microclima bajo los cuales se encuentra un cultivo se puede prever la

respuesta que este tendrá en cuanto a los fenómenos biológicos que presenta como la brotación, floración, fructificación y maduración (Ramírez, Ceroni y Castro, 2014).

Dentro de la fenología se debe tomar en cuenta lo que es la fase fenológica y la etapa fenológica. La primera se refiere al período en el que los órganos de la planta aparecen, transforman y desaparecen. La segunda está delimitada por la sucesión de dos fases ya que dentro de algunas etapas se dan períodos críticos los cuales son un breve intervalo en los que la planta posee sensibilidad máxima a un determinado suceso meteorológico, del modo que las diferencias en los valores del suceso interfieren en el rendimiento del cultivo. Estos eventos suelen ocurrir antes o después de las fases de crecimiento de las plantas y sirven como medio para determinar el desarrollo de los cultivos (Yzarra, López, Mimbela, Chávez, Gómez, Rosas, Montañez y Mathews, 2011).

Las bases de datos fenológicos son cada vez más solicitadas por diferentes disciplinas de la biología, ya que permiten establecer calendarios para establecer cambios biológicos y proporcionar un manejo sustentable de los recursos y más aún cuando éstos poseer un proceso de degradación por la intervención del ser humano (Ramírez, Kallarackal y Davenport, 2018).

Existen distintos métodos para medir la fenología entre los cuales se encuentran métodos cualitativos, que se dividen en la recolección de información local, y las observaciones *ad libitum* también llamadas oportunistas, que consisten en la revisión y uso de datos de otros investigadores que trabajaron en la zona (Wallace y Painter, 2003).

Existen también métodos cuantitativos, que son fenología clásica en la que se colectan datos cuantitativos, es simple y da información acerca de cuándo las plantas producen flores y frutos, además de la proporción de plantas que las producen, otro método es la cuantificación fenológica del árbol que muestra las

diferencias en la cantidad de partes vegetales de la planta como las hojas, flores y frutos en base a una escala lineal.

Otros métodos relacionados son a largo plazo basados en la colección de los frutos en los que se debe tomar datos de peso, medida, color y ser fotografiados para ser comparados después con otros datos (Wallace y Painter, 2003).

3.2.1 Floración

El principal objetivo de la floración es la reproducción de una planta, por lo cual cada planta se caracteriza por experimentar transformaciones o cambios muy notables en un tiempo determinado. Todos estos cambios se dan por procesos bioquímicos que tienen relación con el ambiente meteorológico y mediante señales que reciben los meristemos para que inicie la fase de reproducción. En el caso de los árboles se puede observar la brotación de yemas las cuales pueden ser florales y foliares (García, 2008).

Las plantas han sido capaces de ajustar adecuadamente cada fase fenológica en un determinado periodo. Por lo tanto, la fase de floración irá de la mano con las condiciones ambientales, a las cuales se encuentre expuesta como: luz, temperatura y nutrientes que se encuentren a su alrededor (García, 2008).

Se puede decir que aún faltan detalles en ciertas especies sobre cómo las plantas producen flores en lugar de hojas. La floración es un cambio crítico en las plantas ya que es una transición crucial para la reproducción, por lo cual se encuentra ligada a las horas de luz (Chigusa, Moroi, y Shoji, 2017).

Siendo una respuesta fenológica que incide directamente en la reproducción de las plantas, para llegar a este punto es necesario haber cumplido con el periodo juvenil. En este periodo la planta crece vegetativamente para luego pasar a la fase inductiva, es decir pasa del estado vegetativo al estado reproductivo. En la fase inductiva son muy sensibles a los estímulos endógenos y exógenos para de esta manera promover la floración (Gómez, 2013).

La evocación floral o también llamada transición floral se inicia cuando la planta posee únicamente la capacidad de crecer vegetativamente. Este evento incluye cambios sustanciales en el patrón de crecimiento de los meristemos, ya que al entrar a la fase adulta los meristemos pueden diferenciar las señales inductivas. Es decir, los meristemos vegetativos podrán alterar su programa de desarrollo para transformarse de vegetativo a reproductivo (Mendoza y Encina, 2017).

Una vez finalizada la transición inicia la fase de iniciación y diferenciación, en donde los cambios morfológicos y fisiológicos llevan a la floración, para de esta manera formar las diferentes partes de la flor como gineceo, corola o pétalos, cáliz o sépalos y estambres (Gómez, 2013).

El desarrollo de herramientas que permitan caracterizar y describir de forma estandarizada a las plantas. Es esencial para tener una mayor eficacia y eficiencia en los experimentos de investigación, conservación reproducción y comparación de datos. Una de las herramientas es la escala BBCH (Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie) utilizada en las investigaciones en las ramas botánica y agronómica (Herraiz, Vilanova, Plazas, Gramazio, Andújar, Rodríguez, Fita, Anderson y Prohens, 2015).

3.2.2 Unidades térmicas

Las actividades agrícolas en los últimos años han presentado vulnerabilidad por las condiciones climáticas no muy favorables debido a que los procesos biológicos no son los adecuados. La manipulación del suelo reduce la producción de microorganismos. Debido a esto la productividad de los cultivos se ha reducido por los diversos cambios de temperatura y escaso suelo fértil (Martelo, Pérez, 2010).

El desarrollo y crecimiento de la gran mayoría de las plantas dependen de la temperatura, ya que interviene en los cambios de cada estado fenológico. Durante el desarrollo y crecimiento suceden cambios en las plantas desde el

estado inicial o emergencia hasta la madurez, entre los cuales se encuentran brotación, floración y desarrollo de frutos. En todos estos cambios se ve involucrado las condiciones ambientes dependiendo de donde se encuentre ubicado el cultivo (Parra, Fischer y Chaves, 2014).

La temperatura es esencial sobre la duración de cada fase fenológica de un cultivo, además interviene en la productividad del mismo. Es considerada uno de los elementos de mayor interés sobre la tasa de crecimiento y producción, ya que la misma incide sobre el área foliar que conforman el dosel vegetal. Las plantas reciben radiación solar para realizar sus procesos metabólicos, por lo cual los factores ambientales intervienen para alcanzar los rendimientos más altos de producción. De igual manera se absorbe la mayor cantidad de nutrientes para la etapa de llenado de frutos y de esta manera la cosecha sea más eficiente (García, Morales, Chavarría, Montoya, Correa y Jaramillo, 2012).

Las unidades térmicas o también llamados grados-día de desarrollo son índices utilizados para estimar el desarrollo de los cultivos, ya que los mismos pueden predecir la madurez fisiológica. Es decir, el momento de siembra sucesivo y fecha de la cosecha. Las unidades térmicas son aplicadas a sistemas de producción, debido a que la acumulación de las mismas en las diferentes etapas de desarrollo puede ser constantes o diferentes. Esto dependerá de la fecha de siembra y variedad del cultivo, ya que cada una puede tener parámetros específicos para su desarrollo (García, Morales, Chavarría, Montoya, Correa y Jaramillo, 2012).

Existen también las unidades de calor o tiempo térmico, que es la acumulación de calor en la cual interviene la tasa de desarrollo de las plantas y la temperatura. Todo esto corresponde a la diferencia que existe entre la temperatura del día y la temperatura base de los cultivos. Se define como temperatura del día al desarrollo de la planta que se detiene debido al frio, pero si la misma aumenta también el desarrollo se acelera hasta llegar a una temperatura base u óptima (Montoya y Jaramillo, 2016).

Sin embargo, si la temperatura óptima es mayor a la temperatura del día puede reducir la velocidad de desarrollo de la planta, pero si la misma supera los límites de temperatura óptima de la planta se detiene y muere. La acumulación de las temperaturas mencionadas anteriormente en un mismo periodo que se las conoce como unidades térmicas acumuladas (Montoya y Jaramillo, 2016).

Existen varios métodos para calcular las unidades térmicas como residual, exponencial, directo, entre otros. Cada método posee diferente análisis de evaluación, por lo cual, es recomendable utilizar el método residual por rapidez para obtener resultados (Villalpando, 1991).
Este método considera varios parámetros como temperatura mínima, temperatura máxima y temperatura base u óptima, las cuales serán diferentes dependiendo el cultivo y las condiciones ambientales en las que se encuentre (Villalpando, 1991).

Para obtener datos precisos utilizando este método es necesario la aplicación de una fórmula general presentada a continuación.

$$Unidades\ térmicas\ U.T. = \sum \frac{Tmax + Tmin}{2} - Tbase$$

Tomado de (Villalpando, 1991)

Donde, Tmax es la temperatura máxima diaria, Tmin es la temperatura mínima diaria y la T base es la temperatura mínima a la que el cultivo detiene su crecimiento.
Para el cálculo de los grados días acumulados se emplea la siguiente ecuación

$$\sum T°X = T°x\ 1 + T°\ x2 + T°\ xn$$

Tomado de (Osses, 2016)

Donde, ΣT°x es la sumatoria de la temperatura diaria promedio, $T°x_1$ T es la temperatura promedio del día 1, T^ox_2 es la temperatura promedio del día 2, T^ox_n: es la temperatura promedio de n días.

La creación de estructuras vegetativas y reproductivas es el resultado de la correlación de factores bióticos y abióticos los cuales determinan el tiempo apropiado para la reproducción de las plantas. La floración es un proceso significativo, ya que influye en la formación y desarrollo de los frutos (Parada, Alarcón y Rosero, 2012).

3.2.3 Escala BBCH

La escala BBCH fue propuesta por Bleiholder, Van den Boom, Langelüddeke y Stauss en 1989, plantearon un sistema de codificación decimal para describir las diferentes etapas de especies consideradas como malezas y cultivos. Se basó en la escala ampliamente utilizada de Zadoks, Chang y Konzack desarrollada en 1974 para arroz y granos. Una vez que se tomó como base a la escala de Zodocks, Chang y Konzack, (1974) se desarrolló una escala específica para cada cultivo. En 1992 se desarrolló un sistema de codificación más extendido y preciso llamada escala general y ampliada BBCH (Martinelli, Andrzejewska, Salis y Sulas, 2015).

La escala BBCH es un sistema unificado de varias escalas que permite describir el desarrollo de los cultivos. Para ello utiliza una codificación que ayuda a identificar los estados fenológicos de todas las especies de plantas. La escala diferencia entre plantas perennes, plantas vegetativas, monocotiledóneas y dicotiledóneas (Lancashire, Bleiholder, Van Den Boom, Langeluddeke, Stauss, Weber y Witzenberger, 1991).

La escala BBCH se encuentra organizada para describir las fases de desarrollo de las plantas, en donde se describe un ciclo completo de crecimiento el cual se subdivide en diez fases principales, que son descritos utilizando números del 0 al 9 ordenados ascendentemente como se describe en el anexo 2.

De acuerdo con la especie se pueden producir cambios en el desarrollo o también algunos estadíos no se pueden presentar ya que la escala BBCH describe las características externas que se observan, en algunos cultivos se desarrollan dentro de la tierra como los tubérculos (Bleiholder, Buhr, Feller, Hack, Hess, Kloss, Lancashire, Meier, Stauss, Van den Boom y Weber, 2018).

Los estadíos de crecimiento principales no son aptos para la descripción exacta de fechas de evaluación ya que únicamente describen tiempos amplios del desarrollo de las plantas (Bleiholder, Buhr, Feller, Hack, Hess, Kloss, Lancashire, Meier, Stauss, Van den Boom y Weber, 2018).
La escala posee un código de dos dígitos que describe los estadíos secundarios, el primer número corresponde a la etapa principal de crecimiento y el segundo corresponde a la etapa secundaria o intermedia. Dependiendo del desarrollo de la etapa principal el segundo dígito de la etapa secundaria será un valor porcentual u ordinal. En ciertos casos la etapa secundaria puede dividirse e incorporar un dígito más dependiendo del número de ciclos que tenga el cultivo (Tejera y Heaton, 2017).

Los estadíos secundarios son utilizados para la descripción precisa de las fases cortas de crecimiento de las plantas, al igual que los principales son codificados utilizando números que van del 0 al 9. La combinación del dígito del estadío principal de desarrollo y el dígito del estadío secundario dan como resultado el código de dos cifras (Bleiholder, Buhr, Feller, Hack, Hess, Kloss, Lancashire, Meier, Stauss, Van den Boom y Weber, 2018).

En casos especiales como por ejemplo la cebolla, tomate, pepino y papa es necesario realizar una subdivisión más detallada para ello se coloca junto al estadio principal de crecimiento un dígito más, teniendo como resultado un código de tres dígitos en donde se incluyen los mesoestadíos, entre los estadios principales y secundarios. El tallo principal es descrito con los mesoestadíos 0 y 1, los brotes laterales con los mesoestadíos 2 al 9, en estos casos se pueden tener hasta 19 hojas en el tallo principal y permite la

descripción de las ramificaciones de las plantas (Bleiholder, Buhr, Feller, Hack, Hess, Kloss, Lancashire, Meier, Stauss, Van den Boom y Weber, 2018).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

Los materiales que se utilizaron se dividieron en material biológico, de campo y de laboratorio.

4.1.1 Material biológico

En el estudio realizado se seleccionaron 15 árboles de guaba *(Inga edulis)* de distintos tamaños, de 7 años de edad y 30 plantas injertas de naranjilla *(Solanum quitoense Lam).*

4.1.2 Materiales de campo

Cuaderno de campo
Etiquetas plásticas de colores
Cámara fotográfica (Canon rebel T6i)
Calibrador digital (TACTIX 245111)
Data logger (HOBO U23 Pro v2 Temp/RH ONSET)
GPS (etrex 30 GARMIN)

4.1.3 Material de laboratorio

Estereoscopio (Amscope)
Cámara para microscopio
Cartilla de colores (Royal Horticulture Society) sexta edición
Penetrómetro (Force Gauge)
Potenciómetro (HI 99163)
Refractómetro (Milwaukee MA884)
Bisturí
Pinzas
Ácido ascórbico

4.2 Métodos

El método utilizado para realizar el presente estudio se encuentra dividido en secciones explicadas a continuación.

4.2.1 Ubicación del estudio

Tabla 3.

Descripción de las características edafoclimáticas de los cultivos.

Parámetros	Nayón	San José de Saloya
Latitud	00°09.860’	00°00.844’
Longitud	078°25.531’	078°50.225’
Cantón	Quito	San Miguel de los Bancos
Provincia	Pichincha	Pichincha
Temperatura	18°C a 22°	15°C a 32°
Altitud	2443 msnm	1295 msnm
Humedad relativa	68%	95%
Zona de vida	Bosque húmedo montano bajo	Bosque húmedo
Tipo de suelo	Molisol, entisoles y misceláneos.	Franco, ricos en materia orgánica

4.2.2 Estadística

Para la descripción de floración e inicio de fructificación de los cultivos de guaba y naranjilla se utilizó estadística descriptiva. Se recolectaron datos cualitativos (color) y cuantitativos (largo, ancho, dureza, °Brix y pH) de cada una de las fases para obtener la variación en el desarrollo de cada una. Con los datos recolectados se realizó el cálculo del promedio, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, rango, valor máximo y mínimo.

4.2.3 Unidad experimental

Para realizar el estudio de la guaba se seleccionaron 15 árboles, en cada uno se marcaron 30 estructuras que presentaban las características deseadas y en diferentes fases, se tomaron datos de diámetro polar y diámetro ecuatorial en cada una de las estructuras.

En la naranjilla se seleccionaron 30 plantas injertas de las cuales 18 poseen espinas y 12 no poseen espinas, en cada planta se marcó dos estructuras vegetativas que presentaban las características deseadas en distintas fases de desarrollo, de los cuales se registró los datos de diámetro polar y diámetro ecuatorial. Al culminar el estudio de las 60 estructuras marcadas 36 estructuras llegaron al término deseado que fueron tomadas en cuenta para realizar los cálculos de promedio, varianza, desviación estándar y la curva de crecimiento.

4.2.4 Escala BBCH

Para la descripción de las fases fenológicas del cultivo de guaba se utilizó la escala BBCH que describe a la familia de las *fabaceas* en la cual se tomó en cuenta 3 dígitos como se indica en la tabla 4. Cada dígito indica desde la izquierda el estadío principal, en el medio el número de ciclos que posee el cultivo al año y en la derecha es la descripción de cada fase, para este estudio se utilizó desde la fase número 5 a la 7 que son la emergencia de la inflorescencia, es decir su brote principal hasta el inicio de la fructificación.

Tabla 4.

Codificación escala BBCH para la guaba.

Estado	Descripción
5	Presencia de brotes florales, aún rodeado por hojas
521	Primeros botones afuera de las hojas
525	Primeros botones solos en el exterior con hojas cerradas
529	Varios botones en los racimos aún permanecen cerrados
6	Floración

620	Primeras flores descubiertas
621	Presencia de 1 a 2 flores abiertas en el primer racimo
623	Presencia de 3 flores abiertas en los racimos por planta
625	Floración completa: flores descubiertas, 5 racimos por cada planta
627	Descenso de floración
629	Termina la fase de floración
7	Desarrollo del fruto
720	Vainas iniciales alcanzan el largo inicial ("vaina plana")
723	30% de las vainas alcanzan el largo final de la vaina
725	50% de las vainas alcanzan el largo final de la vaina
727	70% de las vainas alcanzan el largo final de la vaina
729	La gran mayoría de vainas alcanzan el largo final

Adaptado de (Feller, Hack, Heb, Lancashire, Schnock, Staub, Van den Boom, Weber y Zweger.*,1995).*

De igual manera para la naranjilla se utilizó la escala BBCH basada en la utilizada para la descripción de las solanáceas que se encuentra descrita en la tabla 5.

Tabla 5.

Codificación escala BBCH para la naranjilla.

Estadío	**Descripción**
5	Emergencia de la inflorescencia (brote principal)
501	Primera flor de la inflorescencia visible (primer botón erecto) primer botón floral visible
502	Segunda flor de la inflorescencia visible (primer botón erecto) segundo botón floral visible
503	Tercera flor de la inflorescencia visible (primer botón erecto) tercer botón floral visible
5N	Más de cinco flores de la inflorescencia visibles

509	Novena flor de la inflorescencia visible (primer botón erecto) noveno botón floral visible
510	Décima flor de la inflorescencia visible (primer botón erecto) décimo botón floral visible
5N	Más de diez botones florales visibles
6	Floración
601	Primera inflorescencia: primera flor abierta
602	Segunda inflorescencia: primera flor abierta, segunda flor abierta
603	Tercera inflorescencia: primera flor abierta, tercera flor abierta
6N	Más de tres inflorescencias abiertas
609	Nueve o más inflorescencias con flores abiertas
610	Décima inflorescencia: primera flor abierta, décima flor abierta
6N	Más de diez inflorescencias abierta
7	Desarrollo del fruto
701	Primer racimo de frutos: la primera fruta ha alcanzado la forma y tamaño típico
702	Segundo racimo de frutos: el primer fruto ha alcanzado el tamaño típico, el segundo fruto alcanza la forma y tamaño típico
703	Tercer racimo de frutos: el primer fruto ha alcanzado el tamaño típico, el tercer fruto alcanza la forma y tamaño típico
7N	Más de tres racimos alcanzan la forma y tamaño típico
709	Nueve o más racimos de frutos con frutos de tamaño y forma típicos
710	Décimo racimo de frutos: primer fruto alcanza el tamaño y forma típico, décimo fruto alcanza el tamaño y forma típico
7N	Más de diez racimos de frutos alcanzan la forma y tamaño típico

Adaptado de (Feller, Hack, Heb, Lancashire, Schnock, Staub, Van den Boom, Weber y Zweger,*1995).*

4.2.5 Variables

Las variables cuantitativas estudiadas para guaba y naranjilla fueron:

Yema latente: Se midió el diámetro ecuatorial (mm) y diámetro polar (mm), de las yemas arcadas con un calibrador digital. En el cultivo de guaba una vez por semana y en la naranjilla dos veces por semana.
La yema latente se puede observar en las figuras, para guaba en la figura 8 y en naranjilla la figura 29.

Botón floral: En la naranjilla se identificaron los botones florales en los cuales se midió el diámetro ecuatorial (mm) y diámetro polar (mm) con un calibrador digital, dos veces por semana.
Los botones florales se pueden observar en las figuras, para guaba en la figura 9 y en naranjilla la figura 31.

Racimo floral: En la guaba se identificó los racimos florales, se midió el diámetro ecuatorial (mm) y diámetro polar (mm) con un calibrador digital, una vez por semana.
El racimo floral se puede observar en el caso de la guaba en la figura 14.

Flores: Se identificaron las flores al inicio, es decir cuando se abrió la primara flor en la guaba se puede observar en la figura 12 y en la naranjilla en la figura 38, cuando se abrieron el 50% de las flores se puede observar en la guaba en la figura 13 y en la naranjilla en la figura 41 y al momento de la marchitez, en la guaba se puede observar en la figura 15 y en la naranjilla en la figura 42. En todas estas fases se midió el diámetro ecuatorial (mm) y diámetro polar (mm) con un calibrador digital. En el cultivo de guaba una vez por semana y en la naranjilla dos veces por semana.

Desarrollo de los frutos: Se identificaron los frutos y se midió el diámetro ecuatorial (mm) y diámetro polar (mm) con un calibrador digital. En el cultivo de guaba una vez por semana y en la naranjilla dos veces por semana.

El desarrollo del fruto se puede observar en las figuras, para guaba en la figura 18 y en naranjilla la figura 43.

pH: En los frutos maduros de naranjilla y guaba para obtener la acidez (pH) se utilizó un potenciómetro.

Grados Brix: En los frutos maduros de naranjilla y guaba se empleó un refractómetro que da el resultado en porcentaje (%).

Firmeza: En los frutos maduros de naranjilla y guaba con un penetrómetro que da el resultado en Newton (N).

4.2.6 Manejo del experimento

La descripción de la floración e inicio de fructificación para los dos cultivos se realizó *in situ*, para la guaba en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Santa Ana de Nayón. En el caso de la naranjilla en la provincia de Pichincha, cantón San Miguel de los Bancos, comunidad San José de Saloya.

Los dos lugares poseen las condiciones adecuadas para el desarrollo de los cultivos, se tomaron datos para la descripción de la etapa de floración que de acuerdo a la escala BBCH es la número 5 hasta la etapa 7 que es floración.
En el cultivo de la guaba se seleccionaron 15 árboles, en cada uno se marcaron 30 estructuras que presentaban las características deseadas. En la naranjilla se seleccionaron 30 plantas injertas, en cada planta se marcó dos estructuras que presentaban las características deseadas para realizar el estudio, con 36 estructuras llegaron al término deseado por lo que fueron escogidas para realizar los resultados.

Grados días desarrollo: Se tomaron datos del clima para observar las variaciones de temperatura en el lugar de estudio para observar las variaciones para lo cual se utilizó un data logger (HOBBO) las variaciones son medidas en unidades térmicas y se obtienen mediante la ecuación 1.

$$Unidades\ térmicas\ U.T. = \sum \frac{Tmax + Tmin}{2} - Tbase$$

Tomado de (Villalpando, 1991)

Donde, Tmax es la temperatura máxima diaria, Tmin es la temperatura mínima diaria y la T base es la temperatura mínima a la que el cultivo detiene su crecimiento.

Curva de crecimiento: Con los datos recolectados de las mediciones obtenidas al final del estudio se realizó una curva de crecimiento en donde las unidades térmicas se encuentran en el eje X y el promedio de crecimiento expresado en milímetros (mm) de las estructuras se encuentran en el eje Y.

Las variables cualitativas en distintos grados de maduración de los frutos de ambos cultivos, el color del fruto se obtuvo mediante el uso de una cartilla de colores (RHS).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Cultivo de guaba

Una vez finalizado el estudio y observado la fase floración del cultivo se procedió a calcular los estadísticos descriptivos de las variables cualitativas y cuantitativas (largo, ancho, dureza, °Brix y pH), también se realizaron las gráficas de cada cambio fenológico considerando la escala BBCH.

5.1.1 Desarrollo de la yema latente (Escala BBCH:500)

Las yemas latentes de las ramas del árbol se consideraron como brote que puede ser apical o lateral, conforme van creciendo se determinó si son yemas reproductivas o vegetativas. A los 21 días se presentó la diferenciación de los meristemos produciendo estructuras vegetativas o reproductivas, para esto los brotes tuvieron que acumular 46,39 unidades térmicas, mismas que fueron calculadas con la ecuación 1.

El diámetro polar de la yema latente fue de 2,89 mm y el diámetro ecuatorial de 3,43 mm, como se puede observar en la figura 6. A medida que fue creciendo se transformó en yema brotada, misma que presenta una estructura de mayor tamaño cuyas medidas fueron 3,65 mm y 3,78 mm de diámetro polar y ecuatorial (figura 8). Con estos resultados se puede indicar que las yemas tienden a ser más anchas que alargadas. Todo lo descrito anteriormente se puede observar en las figuras 1.

En la figura 1 se puede inferir, que conforme va incrementando las unidades térmicas acumuladas van creciendo las estructuras. De yema latente a yema hinchada la planta necesito acumular 46,39 unidades térmicas. Estas fases corresponden a la etapa 5, fase 500 de desarrollo de las inflorescencias de acuerdo con la escala BBCH.

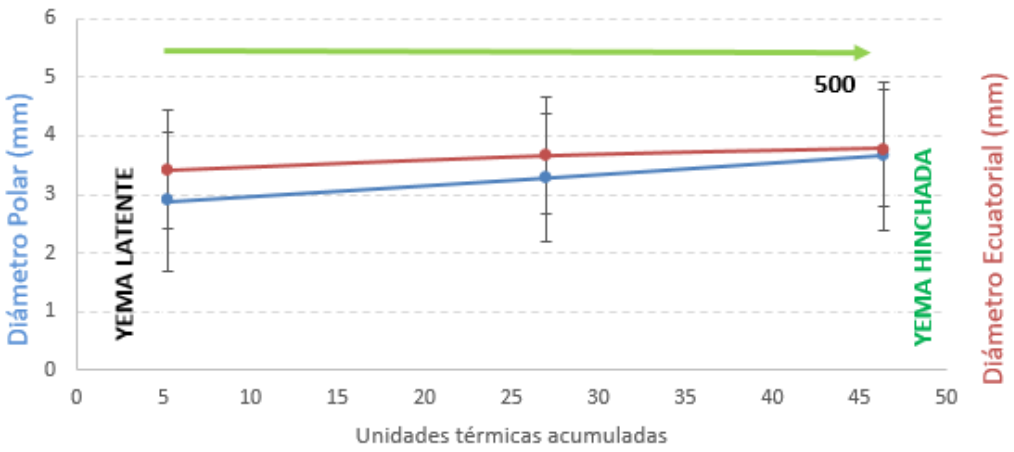


Figura 1. Incremento del diámetro polar y ecuatorial (mm) de las yemas latentes y brotadas del cultivo de guaba (n=240; los números corresponden a las fases de la escala BBCH), Nayón 2018.

En la tabla 6, se muestra los estadísticos descriptivos para la yema latente y brotada, observándose que existe un incremento tanto en el diámetro polar y ecuatorial.

En el caso de la guaba, la floración inicia a los 3 años de vida de la planta, por lo tanto, durante ese tiempo las yemas están juveniles. Una vez que se cumplen los 3 años la planta entra a la fase reproductiva, y las yemas crecerán

gradualmente hasta que se convierten en yemas hinchadas/brotadas (Falcao y Clement, 2000).

5.1.2 Desarrollo de los botones florales de guaba (Escala BBCH: 520, 521,525 y 529)

Durante este estudio se observó un crecimiento lento de los racimos florales (figura 10), desde yema hinchada hasta el alargamiento para la formación de botones florales en cada racimo. Este proceso tomó 98 días, período en el cual acumulo 432,26 unidades térmicas, y alcanzó un diámetro polar que inicia en 10,25 mm hasta llegar a 46,98 mm. El diámetro ecuatorial en cambio fue de 2,81 hasta 6,47 mm (Figura 2).

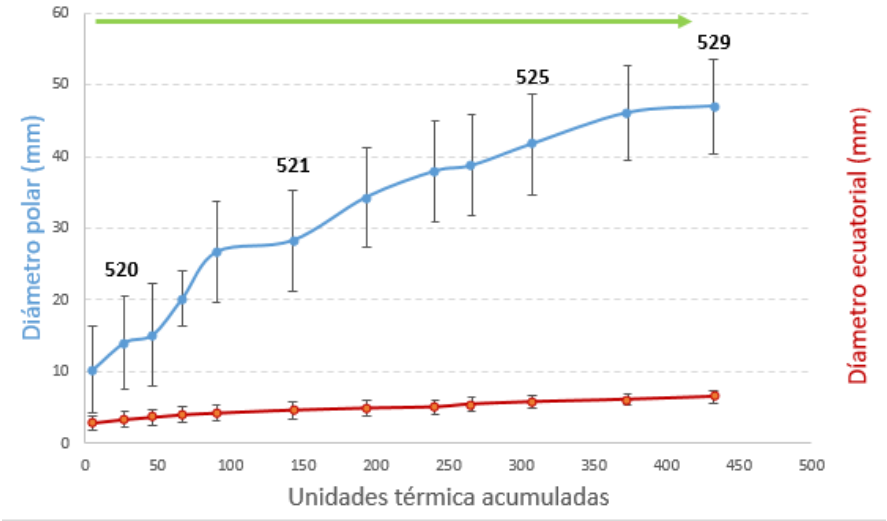


Figura 2. Incremento del diámetro polar y ecuatorial (mm) de los botones florales de guaba (n=90; los números corresponden a las fases de la escala BBCH), Nayón 2018.

Estos resultados indican que conforme va creciendo longitudinalmente los botones florales va aumentando el grosor del peciolo, este cambio dependerá de la velocidad con la que se acumule las unidades térmicas, y a su vez con base en la temperatura diaria. Los desarrollos de los botones florales están considerados entre las etapas 520 y 529 de acuerdo a la escala BBCH, como se observa en la figura 2.

Según Marín, (2012), cuando las brácteas que están cubriendo los botones florales se caen, se puede verificar que la inflorescencia tiene entre 6 y 28

botones florales, en el presente estudio se observó que los racimos tenían entre 20 y 25 botones florales, que está dentro del rango indicado por Marín.

El desarrollo de los racimos varía en promedio en diámetro polar (30 mm) y en diámetro ecuatorial (4,68 mm). Esta fase según la fase la escala BBCH está en la etapa 529.

En tabla 6 se muestra el promedio, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación de todas las estructuras marcadas para las fases 520, 521,525 y 529 de la escala BBCH.

Tabla 6.

Estadísticos del desarrollo de las yemas latentes y botones florales en el cultivo de guaba, Nayón 2018.

Estadísticos	**Yema latente**		**Botones florales (yema brotada)**	
	D. polar	D. ecuatorial	D. polar	D. ecuatorial
Promedio (mm)	3,29	3,62	30	4,68
Valor mínimo (mm)	0,12	2,27	8,39	2,03
Valor máximo (mm)	5,1	5,01	46,12	6,77
Rango (mm)	4,98	2,74	37,73	4,74
Varianza	1,54	1,53	50,34	1,12
Desviación estándar	1,20	1,20	6,62	1,01
CV%	36,44	33,11	21,1	21,6

Una vez que la producción de botones florales finalizó, continuará con la siguiente fase que describe a continuación.

5.1.3 Desarrollo de las flores del cultivo de guaba (Escala BBCH: 529, 620, 621, 623 y 625)

Una vez que el botón floral está listo para abrirse, el tamaño puede duplicarse tanto en largo como en ancho, debido al despliegue rápido de la corola. Inicialmente presenta un diámetro polar de 49,37 mm hasta llegar a 68,71 mm y un diámetro ecuatorial de 17,21 mm hasta finalizar en 50,17 mm.

El mayor tamaño es cuando la flor se encuentra totalmente abierta (figura 13). La floración se puede dividir en tres subfases como 1) botón floral que es el estadío en el cual los órganos reproductivos (androceo y gineceo) se encuentran rodeados por los sépalos (figura 12), 2) flor joven se refiere al estadío en el cual están visibles corola, cáliz, pistilos y estambres (figura 13), y 3) flor madura que hace referencia al estadío en cual se encuentra lista para fecundación y desarrollo de fruto (figura 16), todo esto se corrobora por lo descrito por Marín, (2012).

En este caso se consideró las dos últimas 2 subfases, ya que se tomó en cuenta los datos de las flores abiertas. Para llegar a esta etapa pasaron 41 días, en las que se acumuló 142,64 unidades térmicas para llegar a la antesis.

En la figura 3, se muestra el crecimiento del diámetro polar y ecuatorial de las flores y la acumulación de unidades térmicas.

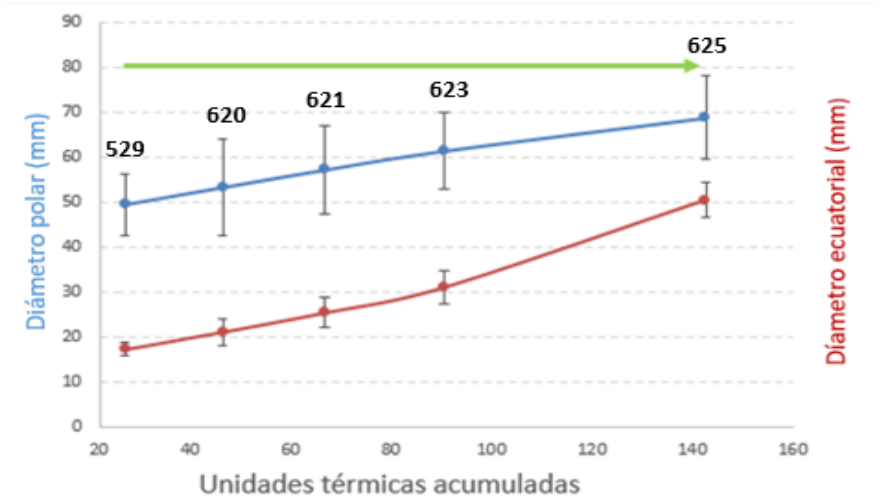


Figura 3. Incremento del diámetro polar y ecuatorial (mm) de los racimos florales de guaba desde botón hasta antesis (n=120; los números corresponden a las fases de la escala BBCH), Nayón 2018.

Las flores del cultivo de guaba se encuentran totalmente abiertas, previo a la fecundación, en donde cambian de color y el tamaño, puesto que la reducción en tamaño y la deshidratación de las estructuras florales se da una vez que se ha fecundado y comienza el desarrollo del fruto.

El crecimiento de las flores se puede clasificar en las etapas de desarrollo 529, 620, 621, 623 y 625 de acuerdo a la escala BBCH.

En la tabla 7, se encuentran el promedio, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación del desarrollo de las flores en el cultivo de guaba provenientes de 120 observaciones, y que corresponde a las etapas 529 a la 625. Se puede decir que el tamaño promedio de las flores es de 57,93 mm de largo y de 28,94 mm ancho.

5.1.4 Desarrollo del fruto (Escala BBCH: 720, 723, 725, 727, 729)

Para el desarrollo del fruto se tomó en cuenta los datos de los frutos una vez que fecundaron. Las flores cambiaron su color de blanco a café rojizo. Además, estas se secaron para dar paso al desarrollo de los frutos. Para que el fruto se desarrolle, este requirió 43 días, en el que acumuló 497,07 unidades térmicas (Figura 4). Este período se lo clasificó en la etapa 720, 723, 725, 727, 729 de la escala BBCH.

En la tabla 7 se muestra el promedio, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación del diámetro polar y ecuatorial del fruto de guaba. Se puede decir que el desarrollo del fruto varía en el diámetro polar de 39,79 mm y el diámetro ecuatorial (9,64 mm). Esta etapa está considerada con las fases 720 a 729 según la escala BBCH.

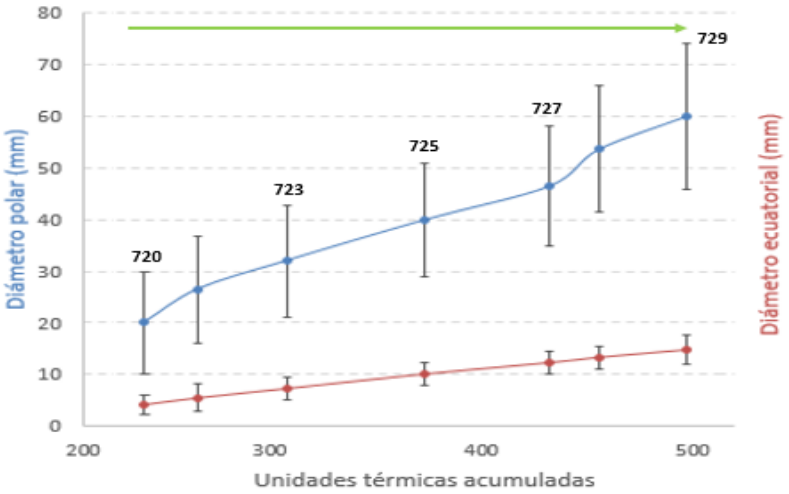


Figura 4. Incremento del diámetro polar y ecuatorial (mm) del desarrollo de los frutos de guaba (n=120; los números corresponden a las fases de la escala BBCH), Nayón 2018.

Tabla 7.

Estadísticos del desarrollo de las flores y frutos en el cultivo de guaba, Nayón 2018.

Estadísticos	**Desarrollo de flores**		**Desarrollo de frutos**	
	D. polar	D. ecuatorial	D. polar	D. ecuatorial
Promedio (mm)	57,93	28,94	39,79	9,64
Valor mínimo (mm)	12,82	11,53	15,21	3,61
Valor máximo (mm)	72,33	53,22	66,77	17,98
Rango (mm)	60,51	41,69	51,56	13,39
Varianza	43,54	21,9	137,48	7,49
Desviación estándar	9,06	3,08	11,39	2,29
CV%	15,64	10,66	13,65	23,75

Para el cultivo de guaba Marín (2012) menciona que los meses de noviembre y diciembre poseen los picos más elevados de floración debido a las precipitaciones. Sin embargo, en este estudio se registró los picos altos en el mes de noviembre, mismos que fueron afectadas debido a las granizadas de los meses octubre e inicios de noviembre. Esto también afecto a las hojas de los árboles, las cuales al poco tiempo de que se observó cómo se secaban

aceleradamente y caían, la granizada también afecto a la producción. Todo este proceso ocurre durante la época de menor y mayor precipitaciones, que en el caso de esta localidad fue entre los meses de julio a noviembre. Finalmente se puede decir que la especie *Inga edulis* presentó un periodo de floración masiva en los meses de octubre y noviembre. De igual manera, la temperatura es importante porque incide en la longitud del periodo de cada fase (Chigusa, Moroi, y Shoji, 2017).

En la tabla 8, se indican las unidades térmicas acumuladas durante la fase de floración y fructificación del cultivo de guaba. En la figura 5 se presenta la escala visual de la fenología reproductiva de la guaba de acuerdo a la escala BBCH.

Tabla 8.

Unidades térmicas acumuladas en distintas fases del cultivo de guaba correspondientes al desarrollo de la floración de acuerdo a la BBCH.

Fases	UTA	BBCH	Letra
Primeros capullos afuera de las hojas	5,29	521	A
Primeros capullos solos en el exterior de las hojas cerradas	27,00	525	B
Primeros pétalos, varios capullos aún permanecen cerrados	46,39	529	C
Primeras flores descubiertas	66,78	620	D
Las flores se abren en el primer racimo	90,49	621	F
Las flores abren 3 racimos por planta	142,64	623	G
Floración completa: flores descubiertas, 5 racimos por cada planta	193,84	625	H
Descenso de floración	240,66	627	I
Termina la fase de floración	266,17	629	J
Vainas iniciales alcanzan el largo requerido ("vaina plana")	307,73	720	K
30% de las vainas alcanzan el largo final de la	373,40	723	L

vaina			
50% de las vainas alcanzan el largo final de la vaina	432,26	725	M
70% de las vainas alcanzan el largo final de la vaina	455,64	727	N
> al 70% de las vainas alcanzan el tamaño final	497,07	729	O

Nota: *Unidades Térmicas Acumuladas (UTA)

5.1.5 Escala visual de la fenología reproductiva de la guaba de acuerdo a la escala BBCH, Nayón 218.

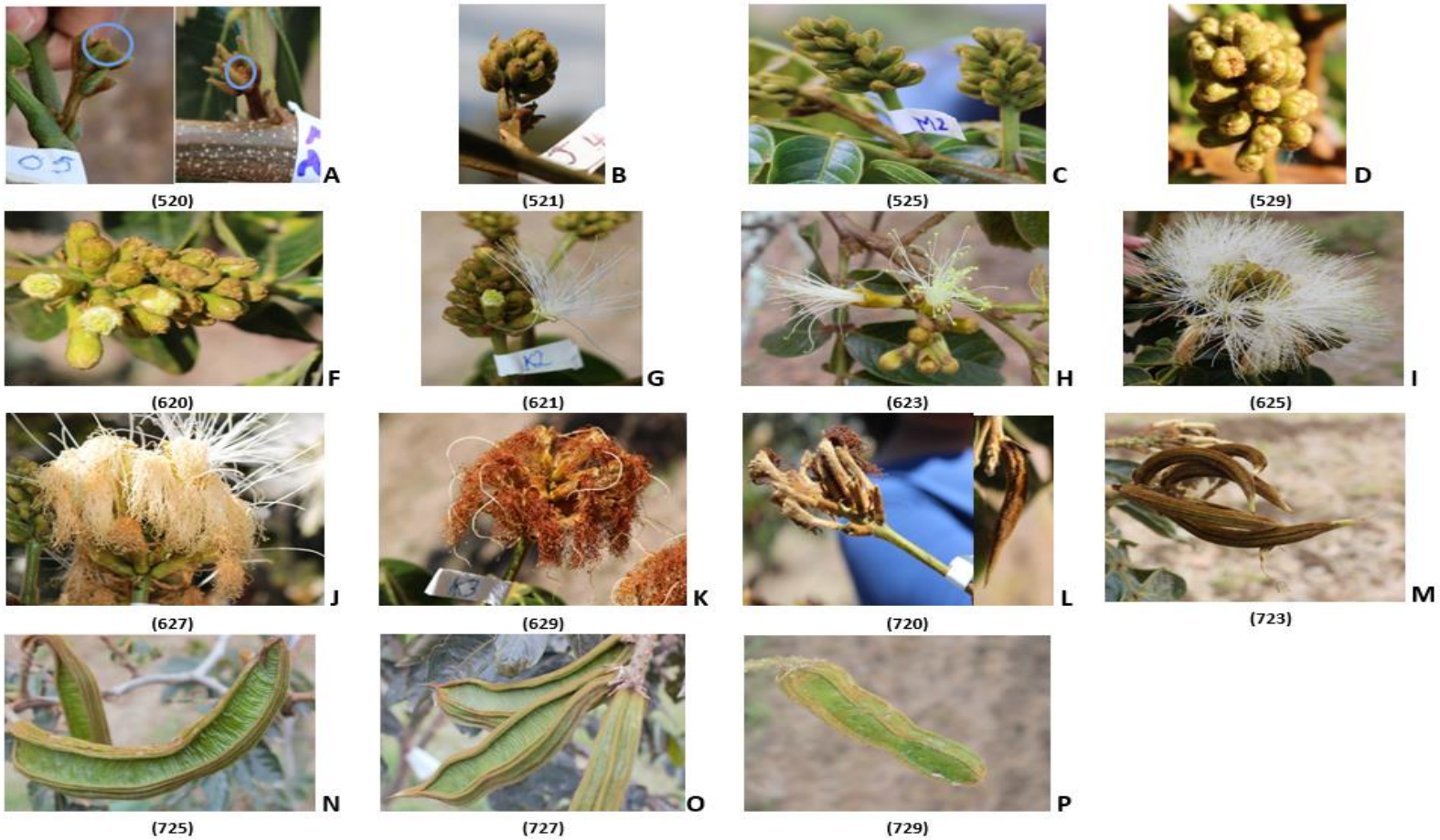


Figura 5. Escala visual del cultivo de guaba según la BBCH, Nayón 2018.

La escala BBCH ha sido utilizada en investigaciones, agricultura y prácticas de horticultura. La escala BBCH describe el desarrollo fenológico de las plantas para lo cual utiliza codificaciones numéricas en las fases de crecimiento (Meier, Bleiholder, Buhr, Feller, Hack, Heb, Lancashire, Schnock, Staub, Van den Boom, Weber y Zweger, 2009) como se puede observar en la tabla 9, en la que describe todas las fases reproductivas del cultivo de guaba. Es de gran importancia esta descripción para los agricultores y los investigadores, ya que permite entender la fenología reproductiva y esto favorece el manejo del cultivo (Meier, Bleiholder, Buhr, Feller, Hack, Heb, Lancashire, Schnock, Staub, Van den Boom, Weber y Zweger, 2009).

Tabla 9.

Descripción del desarrollo fenológico de la guaba de acuerdo a la escala BBCH y los grados días desarrollo desde el desarrollo de botones florales hasta el desarrollo de frutos.

Etapa 5: Inicio de crecimiento de las inflorescencias				
Código	**Descripción**	***GDD**	**# Días**	**Fecha**
520	Primeros brotes florales rodeados por hojas	**18,39**	8	7/8/2018
521	Los primeros capullos son visibles, pero aún están rodeados por hojas.	**18,39**	8	13/8/2018
525	Los capullos se encuentran totalmente visibles y su tamaño es mayor a la inicial	**142,58**	8	20/8/2018
529	Los capullos están más separados entre sí y sus brotes presentan un ancho mayor.	**260,93**	8	27/8/2018
Etapa 6: Floración				
620	Primeras flores abiertas de las inflorescencias. Los capullos se van abriendo.	**379,47**	8	20/8/2018
621	Primeras flores abiertas totalmente. Las flores presentan estambres de color blanco y sus flores verdes claro.	**503,24**	8	27/8/2018
623	Las flores se abren 3 capullos por espiga.	**754,74**	8	3/9/2018
625	Floración completa: flores descubiertas, 5 racimos por cada planta	**952,38**	8	18/9/2018

627	Senescencia de floración: cambio de color de los estambres de blanco a café rojizo e inicio de aborto de estructuras.	**1109,01**	8	29/9/2018
629	Termina la fase de floración y caída de flores.	**1224,18**	8	8/10/2018
Etapa 7: Desarrollo del fruto				
720	Vainas iniciales alcanzan el largo requerido ("vaina plana")	**1347,63**	8	15/10/2018
723	30% de las vainas alcanzan el largo final de la vaina	**1573,77**	8	22/10/2018
725	50% de las vainas alcanzan el largo final de la vaina	**1715,94**	8	4/11/2018
727	70% de las vainas alcanzan el largo final de la vaina	**1844,65**	8	12/11/2018
729	>al 70% de vainas alcanzan el largo final	**1971,88**	15	26/11/2018

De la imagen 6 a la 17, se describe de manera ordenada cronológicamente las etapas 5 a la 7, en los cuales se observa los diferentes cambios físicos que suceden durante cada etapa, desde el crecimiento de las inflorescencias hasta el desarrollo del fruto.

5.1.6 Descripción visual, ampliada y cronológica del desarrollo de las estructuras de guaba por etapa de crecimiento

La etapa 5 de la escala BBCH inicia con el crecimiento de los brotes florales los cuales se encuentran rodeados por hojas como se observa en la figura 10, una vez que los brotes crecen y son visibles, las brácteas están ubicadas en la parte inferior del pecíolo como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Crecimiento brotes florales, aún rodeado por hojas.

Figura 7. Crecimiento de brotes florales, no rodeados por hojas

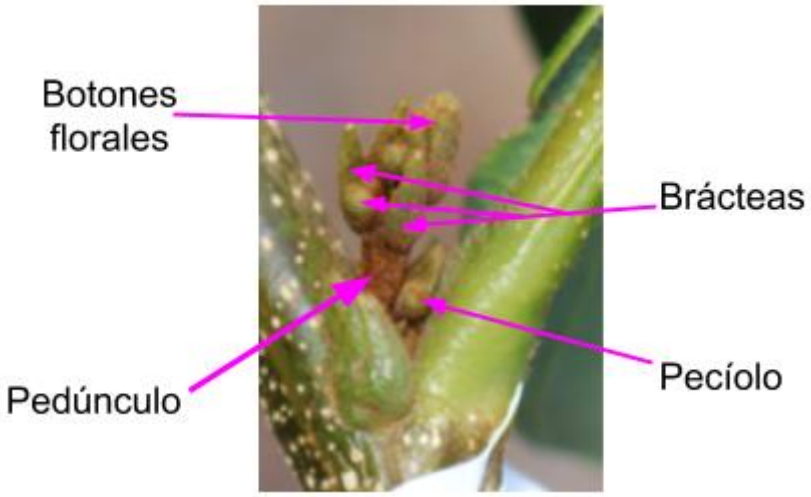


Figura 8. Estructuras de las yemas brotadas

En la figura 9 se puede ver que los racimos permiten desplegar los botones florales y el tamaño es de aproximadamente 5 mm. Conforme pasa el tiempo los brotes se expanden en la parte superior y el tamaño es de 8mm. Cabe señalar que los botones florales aún se encuentran cerrados como se ve en la figura 10.

Figura 9. Racimos con brotes florales únicamente en el exterior

Figura 10. Hinchamiento de los brotes en la parte superior.

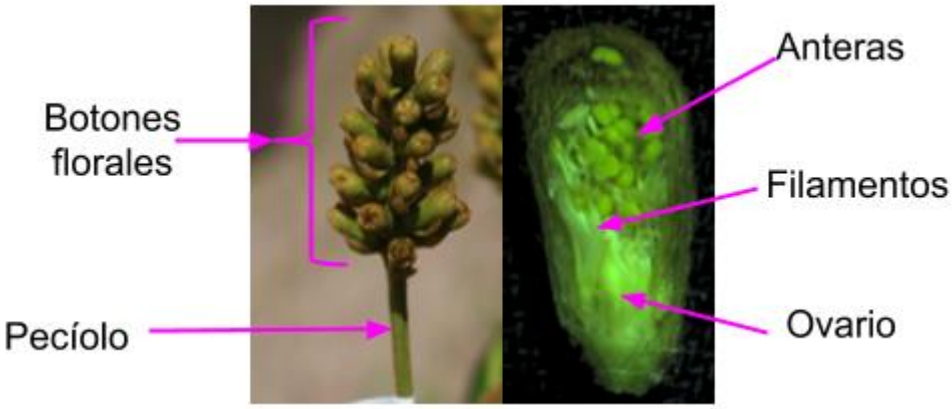


Figura 11. Estructuras de los botones florales

La etapa 6 de la escala BBCH empieza con la floración, en donde las primeras flores salen del botón y se pueden ver las anteras, que son de color blanco como se ve en las figuras 12 y 13.

Figura 12. Primeras flores empiezan a salir del botón floral.

Figura 13. Flores abierta del primer racimo.

La floración tiene un periodo de 15 días, hasta que la mayoría de las flores se han abierto y son de color blanco como se ve en la figura 14. Una vez que la floración se ha completado, ocurre la fecundación y posteriormente los estigmas de las flores empiezan a secarse (senescencia), esto se detecta por el cambio de color, que va de un color blanco hasta finalizar con un color café rojizo, y finalmente empiezan a caer las diferentes estructuras de las flores como se puede observar en la figura 15 y 16.

Figura 14. Floración completa

Figura 15. Inicio de la senescencia de las flores, cambios de color blanco hasta color café rojizo.

Figura 16. Fin de la floración, las flores se van cayendo y existe abortos de fruto.

Figura 17. Estructuras de las flores

En la etapa 7 se empieza a desarrollar el fruto, en el caso de la guaba se forman pequeñas vainas y existen de 1 a 6 como se muestra en la figura 18.

Las vainas crecen en largo más que en ancho, además existen cambios de coloración del fruto como se ve en las figuras 19 y 20.

Figura 18. Formación de las vainas.

Figura 19. Crecimiento longitudinal del fruto de guaba.

Figura 20. Engrosamiento y maduración del fruto de guaba

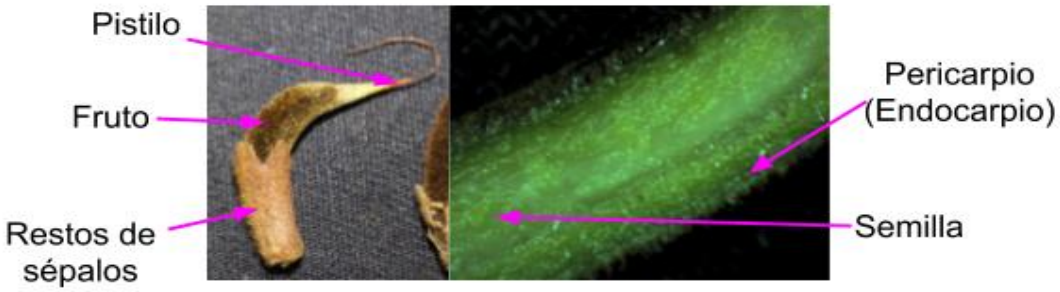


Figura 21. Estructuras del fruto de la planta de guaba

Finalmente se puede decir que el proceso de floración y desarrollo del fruto es de gran importancia para la producción. En la floración las estructuras tienden a marchitarse brevemente y cambian su color. Durante ese período ocurren varios procesos como fecundación y desarrollo de fruto, esto permitirá estimar la producción del cultivo (Marín, 2018).

Este proceso sucedió en el cultivo de guaba cuando las flores se secaron y permanecieron en el racimo floral (fecundadas), mientras que otras se secaron y se cayeron (no fecundación), ya que en los restos de sépalos no se logró observar desarrollo del fruto.

Por otro lado, las flores que permanecieron en el racimo floral en su interior se encontraban el fruto formado y en su ápice se observó el pistilo como se muestra en la figura 21. Conforme el fruto creció hasta llegar a la madurez fisiológica, el número de frutos por racimo disminuyeron debido a la competencia y la nutrición de la misma (Falcado y Clement, 2000). Esto se verifico, ya que cada racimo inicio con 6 frutos y al final se cosecharon entre 1 y 3 frutos (Figura 20), estos resultados concuerdan con lo reportado por Falcao y Clement, (2000).

5.1.7 Características físico-químicas del fruto guaba

Terminada la fecundación el proceso de desarrollo de fruto puede tener una duración de 50 a 60 días aproximadamente (Marín, 2012), en este tiempo el fruto alcanza su madurez. El tiempo de fruto inmaduro dura aproximadamente entre 20 a 30 días, y presentan un color café oscuro como se muestra en la figura 10, letra A. El largo es de 54,63 mm y de ancho 6,13mm. Estas dimensiones están en el rango descrito por Marín, (2012).

Una vez que el fruto maduro alcanza los 510 mm de largo y 30 mm de ancho, se lo considera un fruto maduro. A este fruto se le considera una legumbre tomentosa recta, que alcanzó el máximo de desarrollo cuando las semillas presionan el arilo (De Freitas, Araújo, Soares, Nunomura, Da Silva, Souza, Montalbán, Acho, Lima, Bataglion y Koolen, 2017). En la figura 22, se puede

observar que las medidas del fruto maduro (E). Una vez formada la vaina se procedió a determinar los °Brix, pH, color y firmeza de cada una de ellas, que se presenta en la tabla 10. En la figura 22, se muestra los frutos seleccionados para analizar estas variables.

Tabla 10.

Características físicas y químicas de distintas fases en el cultivo de guaba.

Fruto	Color	°Brix	Firmeza (N)	pH
A	Marrón oliva moderado (A)	0,4	3,45	5,99
B	Marrón grisáceo oscuro (B)	0,5	5,45	6,23
C	Verde aceituna grisáceo (A)	1,4	5,60	5,39
D	Verde oliva moderado (A)	5,6	6,65	6,76
E	Verde oliva moderado (A)	9,1	14,55	6,46

Figura 22. Frutos de distintos tamaños y grado de madurez analizados. (l=largo; a=ancho)

5.2 Cultivo de naranjilla

Para determinar el desarrollo de las estructuras reproductivas de la naranjilla, se registró la temperatura y humedad a la que se desarrolla el cultivo. Las principales fases de desarrollo se describen a continuación.

5.2.1 Yema latente de la planta de naranjilla (Escala BBCH: 500, 501, 502 y 503)

En la figura 23 y 24 se muestra el crecimiento de la yema latente a botón floral (yema hinchada), esta etapa dura 100 días y se deben acumular 189,59 unidades térmicas. El diámetro polar creció de 8,16 mm a 35,03 mm y el diámetro ecuatorial de 5,64 mm a 30,8 mm.

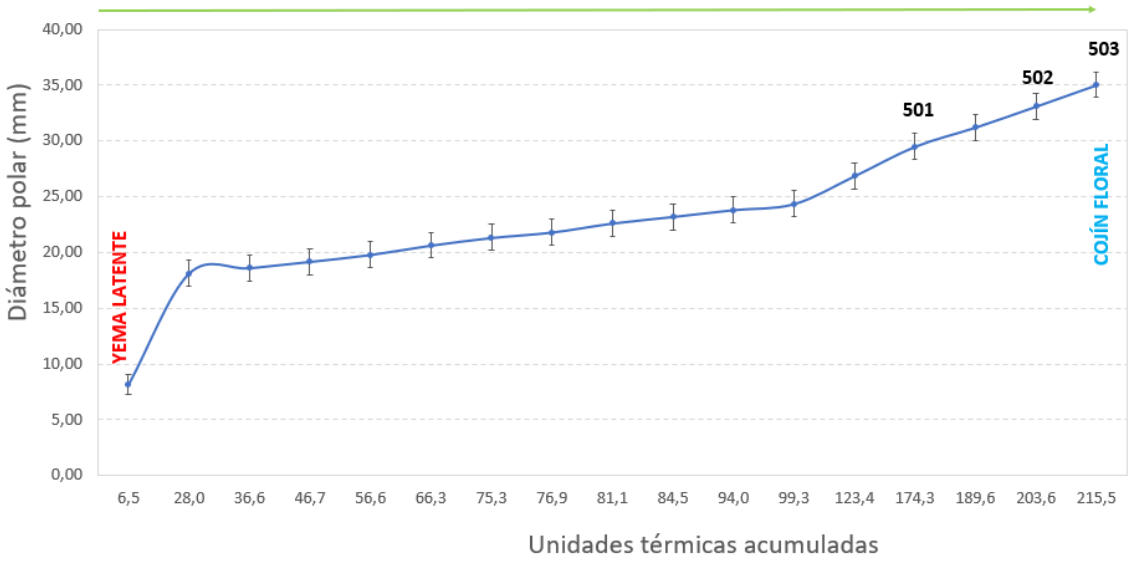


Figura 23. Incremento del diámetro polar (mm) de las yemas latentes a cojines florales del cultivo de naranjilla (n=19; los números corresponden a las fases de la escala BBCH), San Miguel de los Bancos 2018.

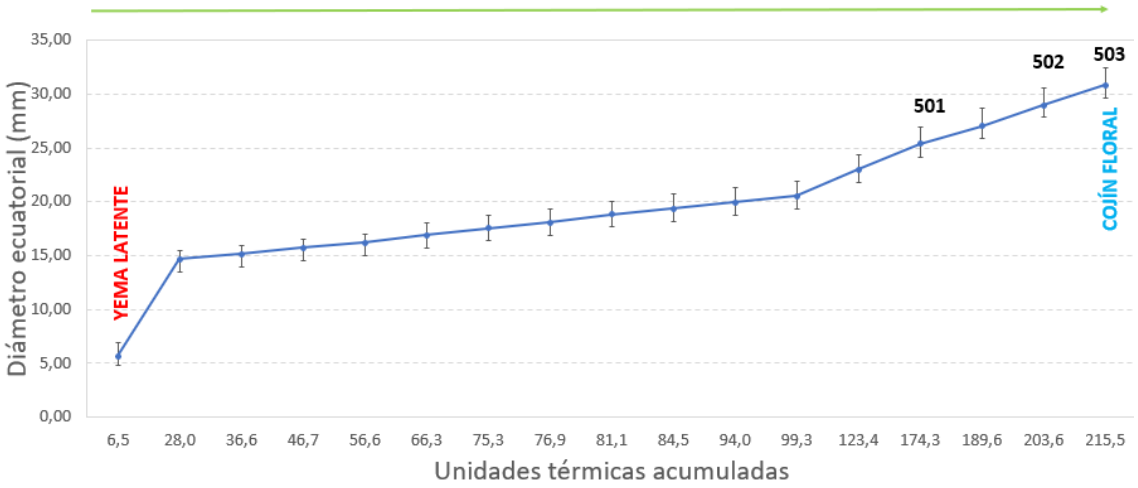


Figura 24. Incremento del diámetro ecuatorial (mm) de las yemas latentes a cojines florales del cultivo de naranjilla (n=19; los números corresponden a las fases de la escala BBCH), San Miguel de los Bancos 2018.

El desarrollo de la yema latente hasta llegar a formar un cojín floral está considerado como la etapa 5 que es el inicio del crecimiento de las inflorescencias y se divide en las fases 500, 501, 502 y 503 de la escala BBCH.

En la tabla 11 se muestra los estadísticos descriptivos obtenidos sobre el desarrollo de la yema latente hasta la formación del cojín floral en el cultivo de la naranjilla.

Se puede indicar que el paso de yema latente a cojín floral varió en tamaño el diámetro polar 23,39 mm y en diámetro ecuatorial 19,62 mm. Además, las etapas se registraron desde la 500 a la 503 de la escala BBCH.

En esta investigación se observó que después del día 60 se formaron pequeños botones florales, resultados que concuerdan con lo reportado por Cruz, Acosta, Cure y Rodríguez (2007), que determinó que esta etapa ocurre después del día 58. En esta fase se puede distinguir una masa de tejido uniforme que sobresale del tallo y posee una coloración un tanto morada y se denomina “cojín floral” como se observa en la figura 29, el cual da paso a la aparición de pequeños botones florales denominadas yemas brotadas.

5.2.2 Desarrollo de los botones florales de naranjilla (Escala BBCH: 509, 510, 5N)

El desarrollo de los botones florales en la naranjilla tuvo una duración aproximada de 40 días desarrollo, para esto se requirió 75,29 unidades térmicas. El crecimiento de los botones florales se puede observar en las figuras 25, en donde el largo o diámetro polar inició en 7,20 mm y finalizó en 15,53 mm, teniendo un incremento de 8,33 mm y de ancho o diámetro ecuatorial inició en 6,10 mm y finalizó en 12,89 mm, creció 6,79 mm durante los 40 días y 75,29 unidades térmicas.

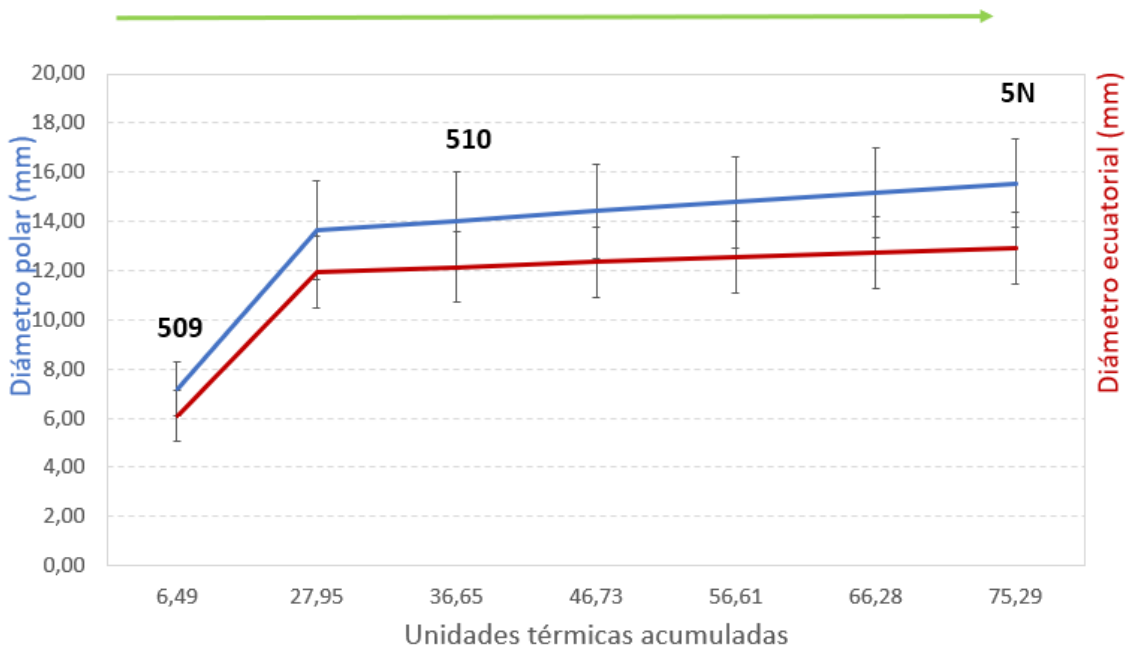


Figura 25. Incremento del diámetro polar y ecuatorial (mm) de los botones florales del cultivo de naranjilla (n=176; los números corresponden a las fases de la escala BBCH), San Miguel de los Bancos 2018.

El desarrollo de los botones florales permitió identificar la etapa 5 que es el desarrollo de las inflorescencias de la BBCH las fases 509, 510, 5N, donde la N representa que existen un número mayor a 10 botones florales.

La tabla 11 muestra los estadísticos obtenidos del desarrollo de los botones florales en el cultivo de naranjilla, en el diámetro polar crecen 13,54 mm y en diámetro ecuatorial 11,52 mm.

Cruz, Acosta, Cure y Rodríguez, (2007) menciona que la aparición de los botones florales se da en grupos de 3 flores (figura 31) siendo el primer botón visible el primero en desarrollarse y el último tarda más tiempo y es más pequeño. El tiempo estimado de crecimiento de los brotes es de 44 días, estos poseen un color morado intenso como se puede observar en la figura 28 letra E.

Tabla 11.

Estadísticos del desarrollo de la yema latente y botones florales en el cultivo de naranjilla, San Miguel de los Bancos 2018.

Estadísticos	**Yema latente**		**Botones florales (yema hinchada)**	
	D. polar	D. ecuatorial	D. polar	D. ecuatorial
Promedio (mm)	23	19,62	13,54	11,52
Valor mínimo (mm)	7,01	4	4,15	2,55
Valor máximo (mm)	36,84	34,28	20,41	16,81
Rango (mm)	29,83	30,28	16,26	14,26
Varianza	41,85	37,18	8,25	5,82
Desviación estándar	6,47	6,1	2,87	2,41
CV%	27,65	31,07	21,21	20,9

5.2.3 Desarrollo de las flores de naranjilla (Escala BBCH: 601, 609, 6N)

La figura 26 indica el desarrollo de las flores de naranjilla, las cuales un período de crecimiento de 39 días aproximadamente en los que se acumularon 123,36 unidades térmicas. El crecimiento del diámetro polar inició en 15,64 mm y finalizó en 16,30 mm.

En cuanto al ancho o diámetro ecuatorial se vio que la flor se abrió hasta alcanzar los 23,37mm, antes de empezar un período de senescencia o marchitez (figura 42).

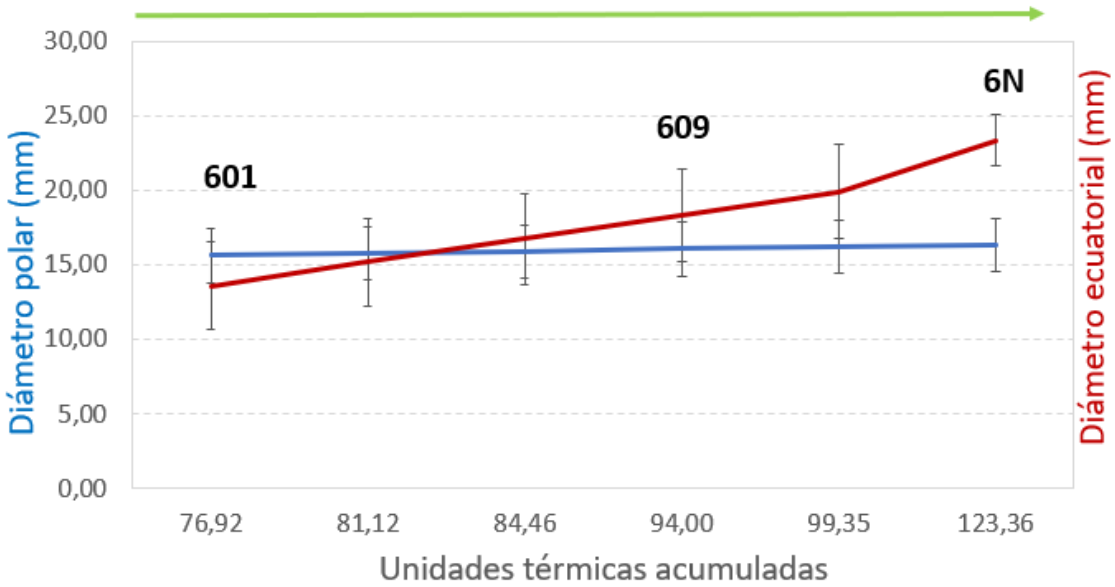


Figura 26. Incremento del diámetro polar y ecuatorial (mm) de las flores del cultivo de naranjilla (n=129; los números corresponden a las fases de la escala BBCH), San Miguel de los Bancos 2018.

El desarrollo de las flores permitió identificar la etapa 6 de la BBCH que es la floración, y las fases 601, 609, 6N en donde la N representa que existen un número mayor de a 9 flores.

En la tabla 12 se encuentran los estadísticos obtenidos en donde se observa que las flores en diámetro polar crecieron 15,99 mm y en diámetro ecuatorial 23,37 mm.

También se observó que en promedio cada flor tenía de cinco pétalos blancos sostenidas por sépalos de color morado abiertos (figura 39).
Ramírez, Kallarackal y Davenport (2018) mencionan que las flores miden 3 cm de diámetro aproximadamente, tienen cinco pétalos de color púrpura en la parte inferior y blanco en la parte superior. Las plantas de naranjilla tienen flores de dos formas, algunas poseen un estilo corto (SSF) y otras largo (LSF). Las flores de estilo corto son consideradas como flores masculinas y las de estilo largo son hembras las cuales producen frutos, los sépalos y pétalos de las SSF y LSF son similares en su morfología.

Investigaciones realizadas demuestran que la fecundación de se da mejor en las flores con estigma largo con un 14,58% y las de estigma corto un 5,42% (Almanza, 2007)

Una de las partes más notables de la naranjilla son las flores, las cuales crecen por lo general en grupos de 10 y en ocasiones de 12 flores. Se abren en distintos periodos de tiempo, las de la parte inferior se abren más rápido que las de la parte superior como se pudo observar en el estudio realizado, en ocasiones se observó que crecían en grupos de menos de 10 flores (Ramírez, Kallarackal y Davenport, 2018).

5.2.4 Desarrollo del fruto de naranjilla (Escala BBCH: 701,703, 710)

La figura 27 muestran el crecimiento del fruto de naranjilla, se puede observar que el diámetro polar al inició en 25,45 mm y finalizó como un fruto maduro en 34,99 mm y el diámetro ecuatorial al iniciar fue 23,25 mm y al finalizar 32,36 mm.

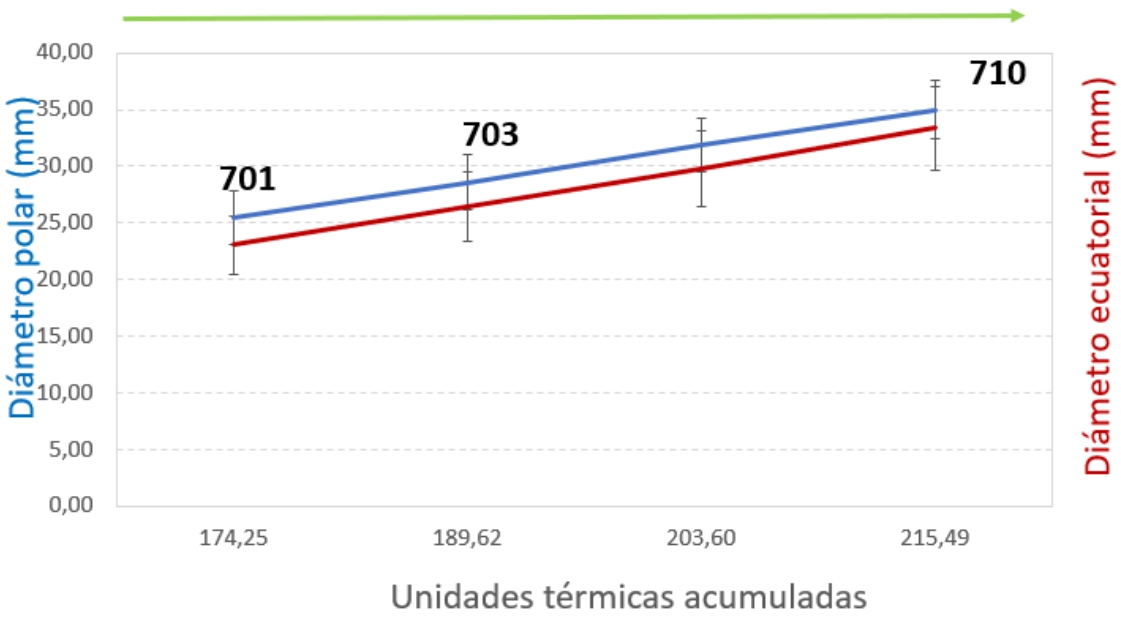


Figura 27. Incremento del diámetro polar y ecuatorial (mm) del desarrollo de los frutos del cultivo de naranjilla (n=100; los números corresponden a las fases de la escala BBCH), San Miguel de los Bancos 2018.

El desarrollo de los frutos permitió identificar la etapa 7 de la BBCH y las fases 701, 703, 710.

La tabla 12 muestra los datos estadísticos obtenidos del desarrollo del fruto antes de llegar a la madurez fisiológica, en diámetro polar crece 30,24 mm y en diámetro ecuatorial 27,85 mm.

Gómez, Trejo, Cruz, y Cadeña (2014) establecen que la naranjilla es una especie que se desarrolla mejor en días cortos, sombreados, ambiente húmedo y temperaturas entre 15°C a 24°C. Esto se pudo evidenciar en esta investigación ya que en Saloya la mayoría del tiempo se encontraba nublado, la humedad relativa fue de superior al 89 % y la temperatura promedio fue de 19°C.

La fructificación de la planta dura todo el año lo que significa que la producción de botones florales, flores y frutos es permanente y se desarrollan en distintos tamaños (Gómez, Trejo, Cruz y Cadeña, 2014). Se pudo evidenciar en el cultivo que en cada planta se desarrollan estructuras distintas, es decir, que posee tanto yemas, botones florales y frutos de distintos tamaños.

Las malezas crean condiciones favorables para que las plantas desarrollen enfermedades, ya que genera un microambiente adecuado para su desarrollo (Revelo y Sandoval, 2003).

De acuerdo con el sistema de cultivo, el control de malezas varía, en el sistema tradicional y se realiza la deshierba utilizando un machete para realizar la extracción vegetación secundaria en el cultivo de naranjilla (Revelo y Sandoval, 2003).

Tabla 12.
Estadísticos del desarrollo de las flores y frutos en el cultivo de naranjilla, San Miguel de los Bancos 2018.

Estadísticos	Desarrollo de las flores		Desarrollo de fruto	
	D. polar	D. ecuatorial	D. polar	D. ecuatorial
Promedio (mm)	15,99	23,37	30,24	27,85
Valor mínimo (mm)	11,62	20,24	21,66	19,39
Valor máximo (mm)	21,15	28	42,32	37,47
Rango (mm)	9,53	7,76	20,66	18,08
Varianza	0,65	12,26	17,03	15,17
Desviación estándar	0,25	6,1	4,13	3,90
CV%	2	19,59	13,65	14

En la tabla 13, se indican las unidades térmicas acumuladas durante la fase de floración y fructificación del cultivo de naranjilla. De acuerdo con la escala BBCH se asignó la codificación numérica a fase y una letra del abecedario que hace referencia a la figura que indica la escala visual del ciclo de la naranjilla.

Tabla 13.

Unidades térmicas acumuladas de las distintas fases de floración del cultivo de naranjilla, San Miguel de los Bancos 2018.

Fases	UTA	BBCH	LETRA
Primera inflorescencia, botón floral visible	28	501	A
Segunda inflorescencia, botón floral visible	34,73	502	B
Tercera inflorescencia, botón floral visible	36,6	503	C
Novena inflorescencia, botón floral visible	59,4	509	D
Décima inflorescencia, botón floral visible	69,8	510	E
Más de diez inflorescencias, botones florales visibles	76,4	5N	F

Primera inflorescencia abierta	76,92	601	G
Segunda inflorescencia abierta	81,12	602	H
Tercera inflorescencia abierta	85,01	603	I
Novena inflorescencia abierta	94	609	J
Décima inflorescencia abierta	113,89	610	K
Más de diez inflorescencias abierta	123,36	6N	L
Primer fruto llega al tamaño y forma típico	124,16	701	M
Segundo fruto llega al tamaño y forma típico	129,35	702	N
Tercer fruto llega al tamaño y forma típico	133,2	703	O
Nueve frutos llegan al tamaño y forma típico	153,52	709	P
Diez frutos llegan al tamaño y forma típico	170	710	Q
Más de diez frutos llegan al tamaño y forma típico	189,59	7N	R

Nota: Unidades Térmicas Acumuladas (UTA)

Las fotos se ordenaron cronológicamente en base a la floración como se describe en la figura 28. En la cual se encuentra ordenado alfabéticamente y cada fotografía tiene colocado el número al cual pertenece cada fase de acuerdo a la escala BBCH.

5.2.5 Escala visual de la fenología reproductiva de la naranjilla de acuerdo a la escala BBCH, San Miguel de los Bancos 2018.

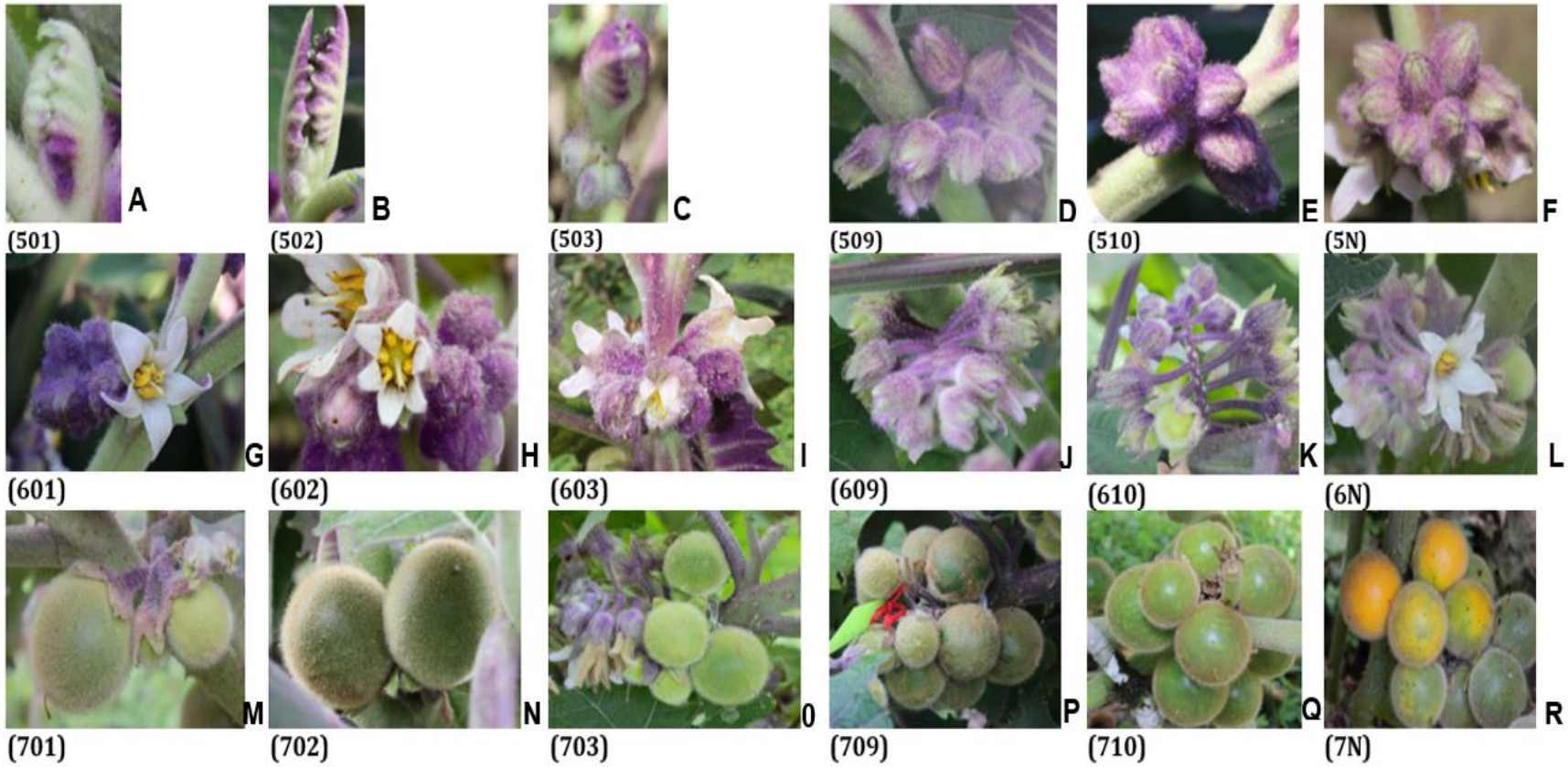


Figura 28. Descripción visual del cultivo de naranjilla de acuerdo a la escala BBCH, San Miguel de los Bancos 2018.

La escala BBCH de acuerdo con Acosta, Riofrío, Vilanova y Prohens (2016) tanto la escala extendida como la básica han sido utilizadas con éxito en varios cultivos incluyendo las solanáceas típicos de la Región Andina. Estos cultivos son el tomate (*Solanum lycopersicum L.)* y la papa (*Solanum tuberosum L.*) considerados de gran importancia económica. Otros cultivos de la misma región también han sido descritos con la BBCH como la grosella espinosa del cabo (*Physalis peruviana L.*) y el pepino *(Solanum muricatum Aiton)* como lo señala Acosta, Riofrío, Vilanova y Prohens (2016). Sin embargo, se observó que la escala BBCH no se ha utilizado para la descripción de la planta de naranjilla (*Solanum quitoense*). Esta especie posee importantes diferencias con respecto a estas *solanáceas,* en lo que respecta a la estructura de la planta, tallo, el tamaño de los botones florales, flores, frutos y el período de desarrollo de las estructuras.

En la tabla 14 se representa la escala BBCH para el cultivo de naranjilla.

Tabla 14.

Descripción del desarrollo fenológico de la naranjilla de acuerdo a la escala BBCH y los grados días que requiere acumular para pasar de una fase a otra, San Miguel de los Bancos 2018.

Etapa 5: Inicio de crecimiento de las inflorescencias				
Código	**Descripción**	***GDD**	**Días**	**Fecha**
501	Primera inflorescencia, botón floral visible	194	10	13/09/2018
502	Segunda inflorescencia, botón floral visible	232,76	12	22/09/2018
503	Tercera inflorescencia, botón floral visible	251	13	25/09/2018
509	Novena inflorescencia, botón floral visible	422,7	22	4/10/2018
510	Décima inflorescencia, botón floral visible	498,3	25	8/10/2018
5N	Más de diez inflorescencias, botones florales visibles	570,4	30	12/10/2018
Etapa 6: Floración				
601	Primera flor de la inflorescencia abierta	587,26	31	13/10/2018
602	Segunda flor de la inflorescencia abierta	658,36	35	17/10/2018

603	Tercera flor de la inflorescencia abierta	694,82	37	19/10/2018
609	Novena flor de la inflorescencia abierta	789,42	41	24/10/2018
610	Décima flor de la inflorescencia abierta	956,95	50	2/11/2018
6N	Más de diez flores de la inflorescencia abierta	1025,67	60	12/11/2018
Etapa 7: Desarrollo del fruto				
701	Primer fruto maduro	1237,94	66	18/11/2018
702	Segundo fruto maduro	1369,67	73	25/11/2018
703	Tercer fruto maduro	1443,66	77	29/11/2018
709	Nueve frutos maduros	1553,83	83	5/12/2018
710	Diez frutos maduros	1589,77	85	7/12/2018
7N	Más de diez frutos maduros	1626,57	87	9/12/2018

De la figura 29 a la 45, presentan en forma ordenada el desarrollo de las estructuras de la planta de la naranjilla hasta el desarrollo del fruto.

5.2.6 Descripción visual, cronológica y ampliada del desarrollo de las estructuras de naranjilla por etapa de crecimiento

De acuerdo con la escala BBCH la etapa 5 es el inicio del crecimiento de las flores, en la naranjilla inicia con un brote que crece en medio de dos tallos, el color es morado intenso en la parte superior, al pasar el tiempo crece y el color morado se hace menos intenso, la estructura crece tanto en largo como en ancho y se forma un pequeño botón floral como se ve en la figura 29.

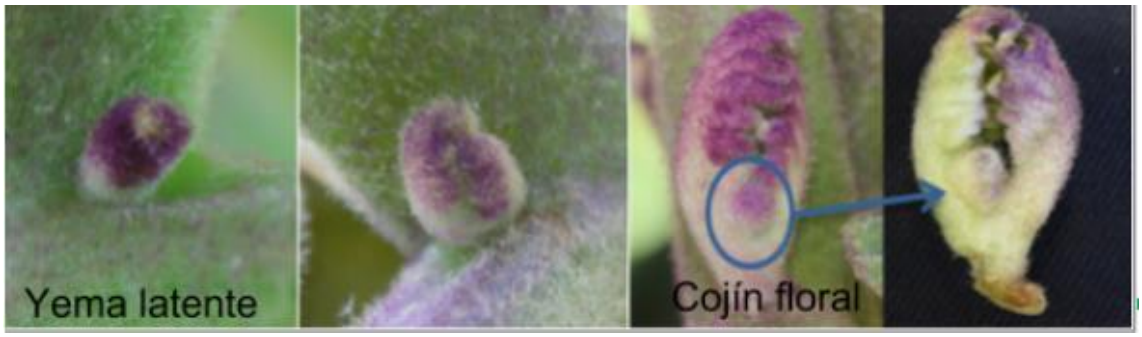


Figura 29. Primer botón floral de la inflorescencia visible

El desarrollo de las inflorescencias continúa con el desarrollo de botones florales los cuales pueden llegar a ser más de diez, el color de los botones

florales depende de su tamaño ya que al ser muy pequeños poseen una mezcla de colores entre morado y verde como se ve de la figura 30 hasta la 33, a medida que crecen el color morado se intensifica como se muestra en las figuras 34 a la 37.

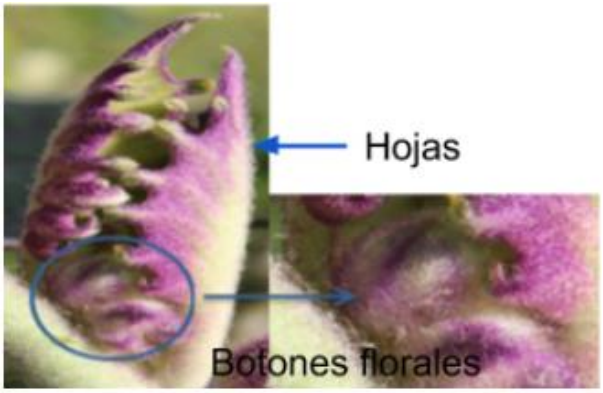


Figura 30. Segundo botón floral de la inflorescencia visible

Figura 31. Tercer botón floral de la inflorescencia visible

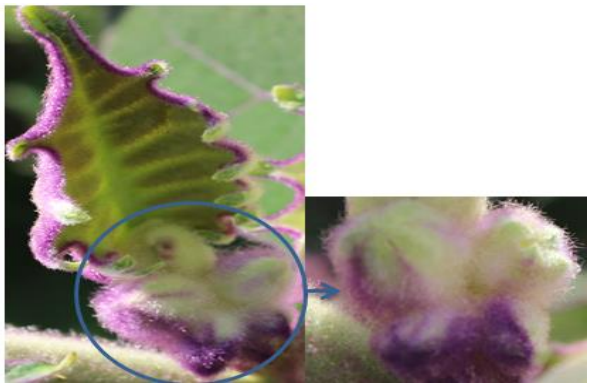


Figura 32. Cuarto botón floral de la inflorescencia visible

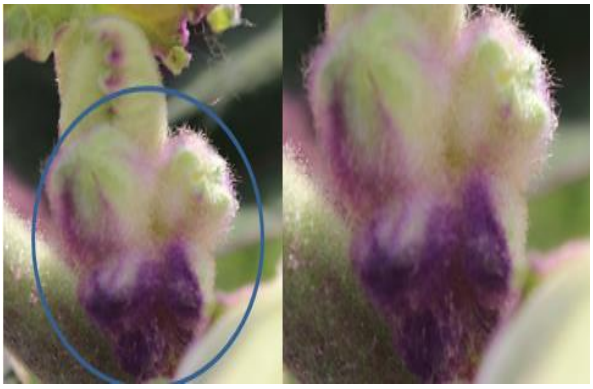


Figura 33. Quinto botón floral de la inflorescencia visible

Figura 34. Sexto botón floral de la inflorescencia visible

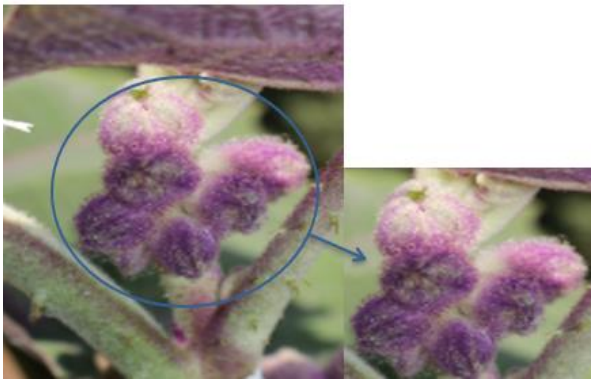


Figura 35. Séptimo botón floral de la inflorescencia visible

Figura 36. Octavo botón floral de la inflorescencia visible

Figura 37. Más de diez botones florales de la inflorescencia visibles

La etapa 6, es la floración, la cual inicia con la apertura de la primera inflorescencia, en la que se puede observar la corola, pistilo, cáliz y 5 pétalos de color blanco como se observa en la figura 38, a medida que pasa el tiempo, la flor se abre y dentro de ella se empieza a diferenciar el fruto como se ve en la figura 40.

Figura 38. Primera flor de la inflorescencia abierta

Figura 39. Segunda flor de la inflorescencia abierta

Figura 40. Tercera flor de la inflorescencia abierta

En cada inflorescencia se empiezan a abrir las flores en distintos periodos de tiempo, en cada inflorescencia se puede llegar a observar más de cinco flores abiertas antes como se indica en la figura 41.

Figura 41. Quinta flor de la inflorescencia abierta.

La fase de senescencia de la flor inicia con pequeños puntos de color café en los pétalos como se puede observar en la figura 42.

Figura 42. Más de diez flores de la inflorescencia abiertas

En la etapa 7 se puede observar que el fruto empieza a desarrollarse y crecer, en el interior de la flor, se empiezan a desarrollar las semillas como se ve en la figura 43.

Cuando el fruto empieza a crecer hasta llegar a ser maduro, las estructuras internas también empiezan a diferenciarse, se separan en 4 lóculos, cada uno con sus semillas como se ve en las figuras 44 y 45.

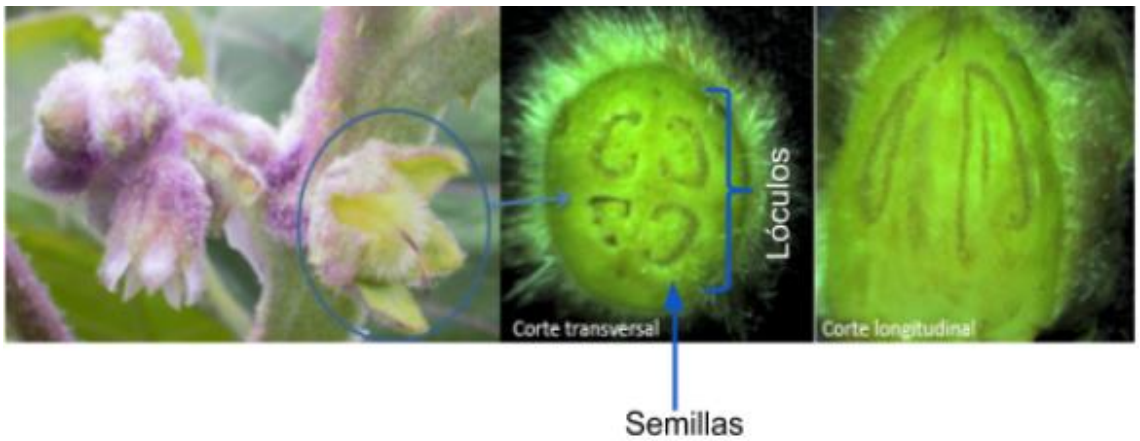


Figura 43. Estructura interna del primer fruto desarrollado

Figura 44. Estructura interna del segundo fruto desarrollado

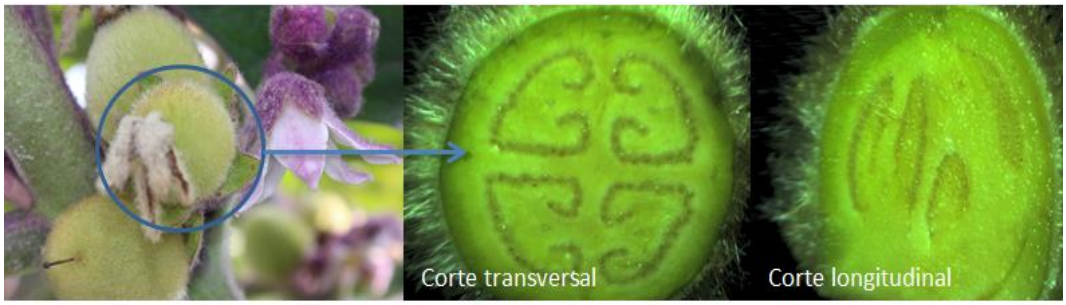


Figura 45. Estructura interna del tercer fruto desarrollado

5.2.7 Características físico-químicas del fruto de naranjilla

Gómez, Trejo, Cruz y Cadeña (2014) indican que los frutos de naranjilla poseen la corteza es lisa de color amarillo rojizo cuando ha llegado a su madurez y miden aproximadamente de 4 a 8 cm de diámetro. Como se puede observar en la figura 46 letra I en donde el diámetro polar es de 66,22 mm y el diámetro ecuatorial es de 57,87 mm lo que indica que se encuentra en el rango que indica la bibliografía citada.

Una vez que los frutos de la naranjilla se formaron se procedió a tomar muestras de diferentes frutos en tamaño y grado de madurez para medir color, °Brix, dureza y pH, de cada una de ellas. Los resultados obtenidos se encuentran descritos en la tabla 15. En la figura 46 se muestra los frutos escogido a los cuales se asignó una letra del abecedario para identificarlos fácilmente.

Tabla 15.

Características físicas y químicas de distintas fases en el cultivo de naranjilla.

Fruto	Color	°Brix (%)	Firmeza (N)	pH
A	Verde oliva moderado (grupo verde (A)	0,30	14,22	5,07
B	Verde amarillo oscuro (B)	0,40	8,50	5,03
C	Verde oliva moderado (grupo amarillo(A)	0,90	6,30	4,85
D	Verde amarillo fuerte (A)	1,20	5,80	4,65
E	Verde amarillo fuerte (B)	4,19	5,45	3,72
F	Verde amarillo fuerte (C)	4,40	5,30	3,02
G	Verde amarillo brillante	4,44	4,80	3,08
H	Amarillo verdoso fuerte	5,00	4,27	3,26
I	Naranja fuerte	8,45	3,85	2,92

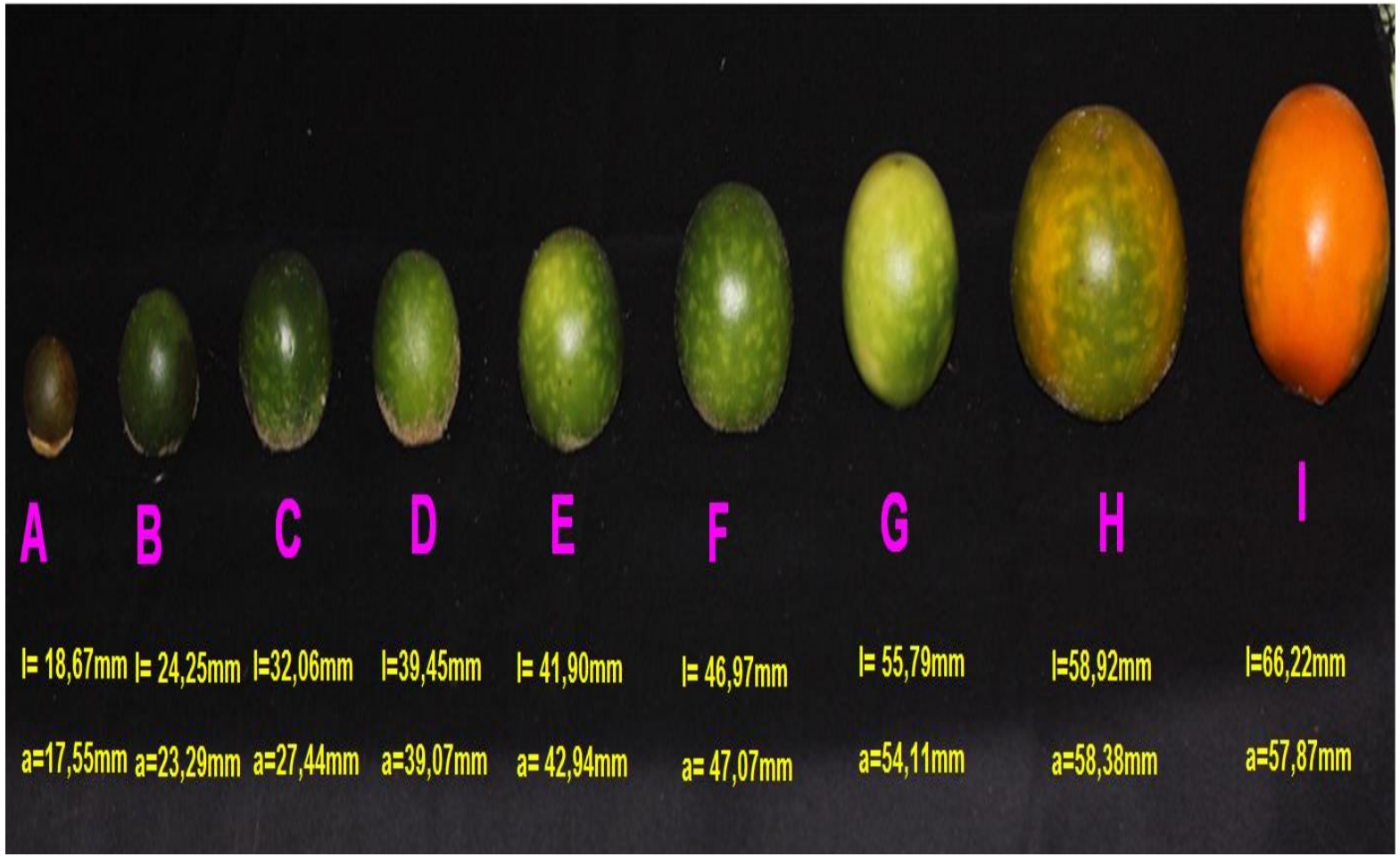


Figura 46. Frutos de distintos tamaños y grado de madurez analizados. (l=largo; a=ancho)

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Al realizar la fenología reproductiva de la guaba se llegó a determinar que existen 15 fases de desarrollo, y que tienen un periodo de duración de 127 días desde floración hasta su madurez fisiológica y se acumularon 497,17 unidades térmicas.

Para el cultivo de naranjilla se determinó que existen 18 fases con duración de 100 días desde la formación de botones florales hasta el desarrollo del fruto, y se acumularon 189,59 unidades térmicas.

En el fruto maduro de guaba se determinó que tiene un pH de 6,46, firmeza de 14,55 N, 9,1 °Brix y presento un color verde oliva moderado (A) según la cartilla de colores (Royal Horticulture Society).

En la naranjilla el fruto en madurez fisiológica presento un pH de 2,92, firmeza de 3,85 N y °Brix de 8,45. El color fue naranja fuerte de acuerdo con la cartilla de colores (Royal Horticulture Society).

6.2 Recomendaciones

Para el cultivo de la guaba es importante realizar un estudio fenológico de la etapa vegetativa, es decir, desde la germinación de la semilla hasta el trasplante, debido a que existe escasa información en esta especie.

En las dos especies estudiadas se debería realizar un estudio enfocado a conocer las estructuras internas de la flor.

REFERENCIAS

Acosta, P., Riofrío, T., Rojas, J., Vilanova, S., Plazas, M y Prohens, J. (2016). *Phenological growth stages of tree tomato (Solanum betaceum Cav.), an emerging fruit crop, according to the basic and extended BBCH scales.* Recuperado el 3 octubre de 2018, de: http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.045

Almanza, M. (2007). *Management of Bombus atratus bumblebees to pollinate Lulo (Solanum quitoense L), a native fruit from the Andes of Colombia.* Recuperado el 12 octubre de 2018, de: https://cuvillier.de/uploads/preview/public_file/3092/9783867271875.pdf

Andrade, M., Moreno, C., Guijarro, M y Concellón, A. (2015). *Caracterización de la naranjilla (Solanum quitoense) común en tres estados de madurez.* Recuperado el 4 octubre de 2018, de: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/51979/CONICET_Digital_Nro.334b88a9-6ebbc819a227e_X.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Ardila, G. (2015). *Efecto de la poda de formación y del número de tallos y de racimos sobre la producción y calidad de frutos de lulo (Solanum quitoense var. septentrionale).* Recuperado el 4 octubre de 2018, de: http://bdigital.unal.edu.co/50002/1/Tesis%20Lulo.pdf

Arias, F. y Rendón, S. (2014). *Inteligencia de mercados para la cadena del lulo (Solanum quitoense).* Recuperado el 4 octubre de 2018, de: http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/jals/article/view/732

Chigusa, S., Moroi, T., y Shoji, Y. (2017). *State of the Art Calculation of the Decay Rate of Electroweak Vacuum in Standard Model*. Recuperado

el 12 octubre de 2018, de: https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.119.211801

CFN. (2018). *Ficha sectorial: otros cultivos de frutas tropicales y subtropicales.* Recuperado el 12 de octubre de 2018, de: https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/2018/04/Ficha-Sectorial-Otros-cultivos-de-frutas-tropicales-y-subtropicales.pdf.

Collazos, W. V. (1995). *Composición de alimentos peruanos.* Recuperado el 12 de octubre de 2018, de: http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf.

Cruz, P., Acosta, K., Cure, J y Rodríguez, D. (2007). *Desarrollo y fenología del lulo Solanum quitoense var. septentrionale bajo polisombra desde siembra hasta primera fructificación.* Recuperado el 12 de octubre de 2018, de: http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v25n2/v25n2a11.pdf

De Freitas, F., Araújo, R., Soares, E., Nunomura, R., da Silva, F., da Silva, S. y Koolen, H. (2018*). Biological evaluation and quantitative analysis of antioxidant compounds in pulps of the Amazonian fruits bacuri (Platonia insignis Mart.), ingá (Inga edulis Mart.), and uchi (Sacoglottis uchi Huber) by UHPLC-ESI-MS/MS.* Recuperado el 12 de octubre de 2018, de: https://doi.org/10.1111/jfbc.12455

Dorado, O y Rangel, G. (2018). *Hibridación en la naturaleza.* Recuperado el 1 de septiembre de 2018, de: https://www.researchgate.net/publication/38290543_Hibridacion_en_la_naturaleza

Falcao, M., y Clement, C. (2000). *Fenologia e produtividade do ingá-cipó (Inga edulis) na amazonia central.* Recuperado el 8 de abril de 2018, de:

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S004459672000000200173&script=sci_abstract&tlng=pt

Franco, G., Bernal, J., Giraldo, M., Tamayo, P., Castaño, O., Gallego, J., Botero, M., Rodríguez, J., Cardona, J., Zuleta, J y Ramírez, M. (2002). *El cultivo del lulo (1° Edición)*. Editorial: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica, Regional Nueve. Manizales-Colombia.

García, D., Morales, J., Ardila, H., Ríos, A., Correa, G. y Jaramillo, C. (2012). *Acumulación de Grados-Día en un Cultivo de Pepino (Cucumis sativus L.) en un Modelo de Producción Aeropónico.* Recuperado el 8 de abril de 2018, de*:* https://doi.org/10.1074/jbc.272.31.19304

García, J. (2008). *La observación fenológica primaveral de los frutales.* Recuperado el 8 de septiembre de 2018, de: https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/2712/1/TyC_2008_22_03.pdf

Gómez, M. (2013). *Descripción de la iniciación floral, floración, cuajado, caída de frutos y endurecimiento del hueso.* Recuperado el 8 de octubre de 2018, de: http://oa.upm.es/2340/1/INVE_MEM_2008_55044.pdf

Herraiz, F. J., Vilanova, S., Plazas, M., Gramazio, P., Andújar, I., y Rodríguez, A. (2015). *Scientia Horticulturae Phenological growth stages of pepino (Solanum muricatum) according to the BBCH scale.* Recuperado el 8 de agosto de *2018*https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.12.008

INIAP. (2014). *GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA NARANJILLA RESOLUCIÓN DAJ-20141A1-0201.0093*. Recuperado el 10 de octubre de 2018, de: http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-

content/uploads/pdf/inocuidad/NARANJILLA/GU%C3%8DA%20de%20BPA%20para%20NARANJILLA.pdf

Lojka, B., Preininger, D., Van Damme, P., Rollo, A., y Banout, J. (2012). *Use of the amazonian tree species INGA edulis for soil regeneration and weed control.* Recuperado el 1 de diciembre de 2018, de: https://www.jstor.org/stable/23616956

Marín, O. H. (2008). *Consumo de Néctar por Aotus lemurinus y su rol como Posible Polinizador de las Flores de Inga edulis (Fabales: Mimosoideae).* Recuperado el 1 de diciembre de 2018, de: https://doi.org/10.1896/044.015.0108

Marín, O. (2012). *FENOLOGÍA DEL GUAMO Inga edulis (FABALES: MIMOSOIDEAE) EN DOS AGROECOSISTEMAS DEL QUINDÍO, COLOMBIA.* Recuperado el 1 de diciembre de 2018, de: https://www.researchgate.net/publication/242013826.

Martelo, M. y. (2010). *Estudio del impacto del cambio climático sobre la agricultura y la seguridad alimentaria en la República Bolivariana de Venezuela.* Recuperado el 8 de enero de 2019, de: http://www.fao.org/3/a-ax365s.pdf.

Martinelli, T., Andrzejewska, J., Salis, M y Sulas, L. (2015). *Phenological growth stages of Silybum marianum according to the extended BBCH scale.* Recuperado el 12 de diciembre de 2018, de: https://doi:10.1111/aab.12163

Medina, C., Lobo, M. y Martínez, E. (2009). *Revisión del estado del conocimiento sobre la función productiva del lulo (Solanum quitoense Lam.) en Colombia.* Recuperado el 1 de diciembre de 2018, de: https://doi.org/10.21930/rcta.vol10_num2_art:139

Meier, U., Bleiholder, H., Buhr, L., Feller, C., Hack, H., Heß, M. y Zwerger, P. (2009). *The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants-history and publications. Journal Für Kulturpflanzen*, *61*(2), 41–52. Recuperado el 5 de octubre de 2018, de: http://www.cabdirect.org/abstracts/20093092784.html

Mendoza, P., y Encina, A. E. (2018). *Bases moleculares de la floración.* Recuperado el 5 de octubre de 2018, de: http://hdl.handle.net/10261/65979

Messinger, J., y Lauerer, M. (2015). Solanum quitoense, a new greenhouse crop for Central Europe: Flowering and fruiting respond to photoperiod. Recuperado el 25 de octubre de 2018, de: http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2014.11.015

Monteiro, P., Siqueira, D., Chamhun, L., Pereira, D y Cecon, P. (2013). *DESENVOLVIMENTO DOS FRUTOS DE LULO (Solanum quitoense LAM).* Recuperado el 25 de octubre de 2018, de: http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/16836/artigo.pdf?sequence=1

Montoya, E., y Jaramillo A. (2016). *Efecto de la temperatura en la producción de café.* Recuperado el 25 de octubre de 2018, de: https://www.cenicafe.org/es/publications/4.Efecto.pdf

Monro, A., Velarde, R., Flores, R., Soruco, V., Reyes, J.F. y Milliken, W. (2016). *Royal Botanic Gardens.* Recuperado el 15 de diciembre de 2018, de: https://www.rbgsyd.nsw.gov.au/

Ochoa, J., Ellis, M y Alwang, J. (2010). *La fusariosis de naranjilla y su control, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento*

Nacional de Protección Vegetal. Recuperado el 4 de noviembre de 2018, de http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2632

Orozco, A. F., Prado, Y. P., y Ramírez, S. V. (2013). *Manejo de frutos y semillas de las especies forestales Inga densiflora Benth. e Inga edulis Mart. asociadas a paisajes cafeteros del departamento del Quindío.* Recuperado el 4 de noviembre de 2018, de: blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/revistainvestigaciones/articulos.php?id=11

Parra, A., Fischer, G. y Chaves, B. (2014). *Thermal time for reproductive phenological stages of pineapple guava (Acca sellowiana (O. Berg) Burret)*. Recuperado el 14 de noviembre de 2018, de: https://doi.org/10.15446/abc.v20n1.43390

Ramírez, F., Kallarackal, J. y Davenport, T. (2018). *Lulo (Solanum quitoense Lam.) reproductive physiology.* Recuperado el 4 de noviembre de 2018, de: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.046

Ramírez, N., Ceroni, A y Castro, V. (2014). FENOLOGÍA DE CUATRO ESPECIES DE CACTÁCEAS DEL CERRO UMARCATA. VALLE DEL RÍO CHILLÓN. CANTA-LIMA. PERÚ. Ecología Aplicada, 13 (2), 177-185.

Revelo, S., Sandoval, P. (2003). *Factores que afectan la producción y productividad de la naranjilla (Solanum quitoense Lam.) en la región Amazónica del Ecuador.* Recuperado el 23 de noviembre de 2018, de: http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2434

Ruales, C. (2007). *Estudios para la recuperación de la flora nativa en el valle de Tumbaco - Distrito Metropolitano de Quito: Inventario florístico y ensayo de propagación vegetativa.* Recuperado el 25 de enero de

2018, de: http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/886/1/84737.pdf

Sánchez, J., Argumedo, A., Álvarez, J. F., Méndez, J. A., y Ortiz, B. (2016). *Análisis económico del sistema sociotécnico del cultivo de amaranto en Tochimilco, Puebla*. Recuperado el 25 de enero de 2018, de: https://doi.org/10.15174/au.2016.888

Silva, E. M., Rogez, H., Da Silva, I. Q., y Larondelle, Y. (2013). *Improving the desorption of Inga edulis flavonoids from macroporous resin: Towards a new model to concentrate bioactive compounds* Recuperado el 25 de enero de 2018, de: https://doi.org/10.1016/j.fbp.2012.11.005

Sinisterra, R. M., Gallego, M. C. y Armbrecht, I. (2016). *Hormigas asociadas a nectarios extraflorales de árboles de dos especies de Inga en cafetales de Cauca, Colombia.* Recuperado el 10 de enero de 2018, *de:* https://doi.org/10.15446/acag.v65n1.47167

Sobanski, N. y Marques, M. (2014*). Effects of soil characteristics and exotic grass cover on the forest restoration of the Atlantic Forest region.* Recuperado el 15 de enero de 2018, de: https://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.01.001

Tejera, M y Heaton, E. (2017). *Description and Codification of Miscanthus × giganteus Growth Stages for Phenological Assessment*. Recuperado el 25 de enero de 2018, de: https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01726

Villalpando, F. (1991). *Agro climatología.* Guadalajara, México: p. 37-45.

Viteri, P., Vasquez, W., Leon, J., Viera, W., Posso, M., Hinojosa, M., Revelo, J y Ochoa, J. (2009). *Naranjilla de jugo (Solanum quitoense Lam.)*

injerta en patrones de solanáceas silvestres resistentes a Fusarium osysporum y a Meloidogyne incognita. Recuperado el 25 de octubre de 2018, de: http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/305

Wallace, R y Painter, R. (2003). *Metodologías para medir la fenología de fructificación y su análisis con relación a los animales frugívoros. Ecología en Bolivia.* Recuperado el 1 de octubre de 2018, de: https://www.researchgate.net/profile/Robert_Wallace7/publication/269398308_Metodologias_para_medir_la_fenologia_de_fructificacion_y_su_analisis_con_relacion_a_los_animales_frugivoros/links/54b67ff70cf24eb34f6d25fb/Metodologias-para-medir-la-fenologia-de-fructificacion-y-su-analisis-con-relacion-a-los-animales-frugivoros.pdf

Yzarra, W., López, F., Mimbela, N., Chávez, E., Gómez, H., Rosas, R., Montañez, L y Mathews, C. (2011). *Manual de observaciones fenológicas.* Recuperado el 13 de octubre de 2018, de: https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Manejo de enfermedades en el cultivo de naranjilla

Nemátodo del nudo de la raíz	
Agente Causal	**Control**
Meloidogyne incognita: provoca nudos en la raíz los cuales no permiten la absorción de agua y minerales.	Aplicación de fungicidas de fosetil aluminio, cymoxanyl +propamocarp y químicos a base de fosfonato de potasio.
Antracnosis	
Agente Causal	**Control**
Colletotrichum gloeosporioides: manchas redondas y oscuras con el centro más claro presentes en brotes tiernos, frutos y tallos.	Asperciones foliares con fungicidas de sulfato de cobre pentahidartado, en los frutos antes de que esporulen las lesiones se aplica fungicidas sistémicos difenoconazol
Tizón tardío	
Agente Causal	**Control**
Phytophthora infestans: la parte superior del tallo se marchita, toma un color oscuro, las hojas presentan lesiones de color negro las cuales se extienden al tallo y provoca la muerte de la planta. Los botones florales se secan y toman una coloración parda.	Se aplica clorotalonil y mancozeb y productos a base de fosfonatos y fositos.
Marchitez vascular	
Agente Causal	**Control**
Fusarium oxysporum: Los primeros síntomas se presentan en las hojas inferiores, se tornan amarillas y se caen. En los cortes transversales en el pecíolo, tallo y raíz, el floema presenta un color café.	Se debe aplicar benzimidazoles como carbendazim y benomyl.

Adaptado de (INIAP, 2014)

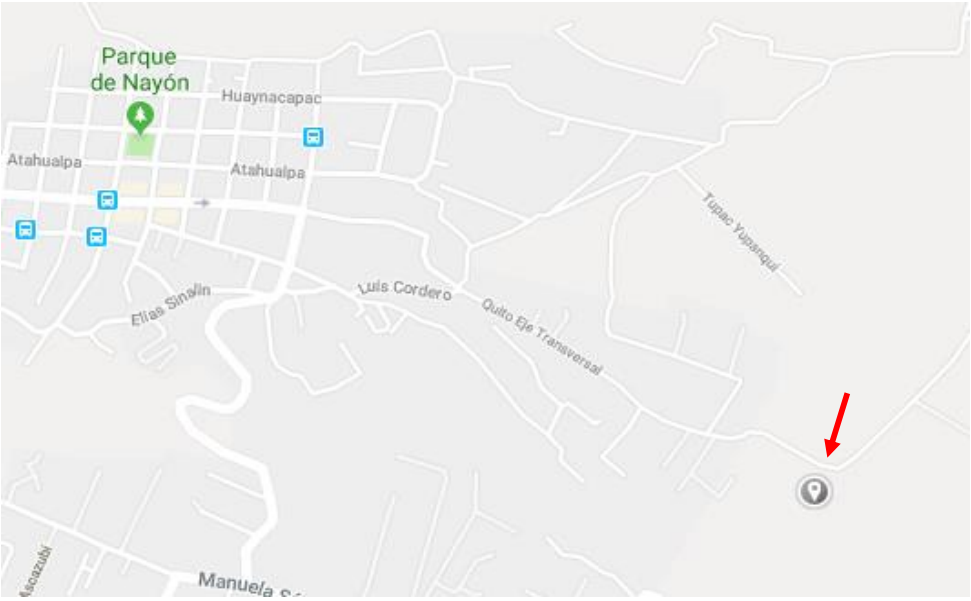
Anexo 2: Descripción de los estadíos principales de desarrollo de las plantas de acuerdo a la BBCH.

Estadío	Descripción
0	Germinación, desarrollo de yemas
1	Desarrollo de hojas, tallo principal, brotes
2	Brotes laterales se empiezan a formar, macollamiento

3	Crecimiento longitudinal del tallo y de brotes
4	Crecimiento de las partes vegetativas, propagación de órganos vegetativos
5	Inicio de crecimiento de la inflorescencia
6	Floración
7	Desarrollo del fruto
8	Maduración de semillas y frutos
9	Comienzo de la senescencia, dormancia

Adaptado de (Bleiholder, Buhr, Feller, Hack, Hess, Kloss, Lancashire, Meier, Stauss, Van den Boom y Weber, 1998).

Anexo 3: **Ubicación geográfica de la plantación del cultivo de guaba. Tomado de Googlemaps, 2019**



ANEXO 4: **Ubicación geográfica de la plantación del cultivo de naranjilla. Tomado de Googlemaps, 2019**

ANEXO 5: **Cultivos de guaba y naranjilla**