



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

FENOLOGÍA FLORAL DEL MORTIÑO (*Vaccinium floribundum* Kunth)
ACORDE A LA ESCALA BBCH EN EL PÁRAMO ANDINO DEL ATACAZO,
ECUADOR.

AUTOR

Francisco Javier Mendoza Ortiz

AÑO
2018



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

FENOLOGÍA FLORAL DEL MORTIÑO (*Vaccinium floribundum* Kunth)
ACORDE A LA ESCALA BBCH EN EL PÁRAMO ANDINO DEL ATACAZO,
ECUADOR.

“Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero Agroindustrial y de Alimentos”

Profesor Guía

Ph.D. Wilson Arturo Vásquez Castillo.

Autor

Francisco Javier Mendoza Ortiz

Año

2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo, Fenología floral del mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*) acorde a la escala BBCH en el páramo andino del Atacazo, Ecuador, a través de reuniones periódicas con el estudiante, Francisco Javier Mendoza Ortiz. En el semestre 2018-1, 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”

Wilson Arturo Vásquez Castillo
Doctor en Fisiología Vegetal Ph.D
C.I.: 1001186210

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Fenología floral del mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*) acorde a la escala BBCH en el páramo andino del Atacazo, Ecuador, a través de reuniones periódicas con el estudiante, Francisco Javier Mendoza Ortiz, en el semestre 2018-1, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Mauricio Andrés Racines Oliva
Doctor en Ingeniería de Biociencias
C.I.: 171090216-2

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi 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.”

Francisco Javier Mendoza Ortiz

C.I.: 1717096612

AGRADECIMIENTOS

Primero quiero agradecer a Dios por darme la fortaleza y sabiduría para seguir adelante, a mis padres, hermano, cuñada y sobrinos por el amor, los consejos y en especial el apoyo para culminar mi carrera universitaria, mis profesores en especial mi tutor Wilson Vásquez y corrector Mauricio Racines por hacer posible la realización del presente estudio gracias a sus conocimientos.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Mario Mendoza y Amalia Ortiz quienes son los que me enseñaron a nunca rendirme. Mi hermano Fernando por su ayuda para día a día ser una mejor persona y finalmente a mi novia Gabby por ser mi compañera y apoyo durante toda mi carrera universitaria.

RESUMEN

El estudio fue realizado en la provincia de Pichincha en el páramo del Atacazo con una altitud de 3500 msnm y temperatura promedio de 11,6 °C. Teniendo como objetivo evaluar los estados fenológicos de la parte reproductiva del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth), basados en la escala internacional BBCH. El mortiño es un frutal andino no domesticado en nuestro país, su crecimiento es de manera silvestre y por esta razón es afectado por ampliación de frontera agrícola, malas prácticas en la cosecha y por factores ambientales afectando al desarrollo de la planta. Se consideró 11 plantas de mortiño presentando varias fases fenológicas para el presente estudio in situ. Los datos se obtuvieron durante los meses de mayo a octubre realizando un seguimiento semanal en todas sus etapas de crecimiento, mediante registros con libro de campo, fotografías permitiendo registrar tanto características cualitativas como cuantitativas para la elaboración de la escala BBCH. En esta se detalla la descripción de crecimiento con su codificación respectiva de 3 dígitos, indicando su estadio principal, secundario y número de ciclos reproductivos que la planta tiene en el año. Dentro de las características cuantitativas se realizó estadística descriptiva (Promedio, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación) para determinar diámetro polar y ecuatorial, tiempo (semanas) de crecimiento, unidades térmicas; valores que permitieron realizar gráficas que muestran el tiempo total en desarrollo de las etapas reproductivas y temperatura- humedad relativa que existió durante los meses de la investigación. Dando para el mortiño un tiempo total de crecimiento de 150,8 días en la etapa reproductiva que ayudó a determinar que en el año se obtiene dos ciclos de cosecha.

Palabras clave: Escala BBCH, unidades térmicas, humedad relativa, Data Logger.

ABSTRACT

The study was conducted in the province of Pichincha in the Atacazo paramo with an altitude of 3500 meters above sea level and an average temperature of 11,6°C. With the objective of evaluating the phenological stages of the reproductive part of the mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth), based on the BBCH international scale. The mortiño is an Andean fruit that has not been domesticated in our country, its growth is wild and for this reason it is affected by the expansion of the agricultural frontier, bad practices in the harvest and environmental factors affecting the development of the plant. It was considered 11 plants of mortiño presenting several phenological phases for the present study in situ. The data was obtained during the months of May to October, making a weekly follow-up in all its stages of growth, by means of registers with field book, photographs allowing registering both qualitative and quantitative characteristics for the elaboration of the BBCH scale. This describes the growth description with its respective 3-digit coding, indicating its main, secondary and number of reproductive cycles that the plant has in the year. Within the quantitative characteristics, descriptive statistics (average, variance, standard deviation, coefficient of variation) were made to determine polar and equatorial diameter, time (weeks) of growth, thermal units; values that allowed to realize graphs that show the total time in development of the reproductive stages and temperature-relative humidity that existed during the months of the investigation. Giving the mortiño a total time of growth of 150,8 days in the reproductive stage that helped determine that in the year two harvest cycles are obtained.

Key words: BBCH scale, thermal units, relative humidity, Data Logger.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. CAPÍTULO I. REVISIÓN DE LITERATURA	3
1.1 Generalidades de la planta.....	3
1.2 Características de la planta del mortíño.....	4
1.3 Composición química	4
1.4 Fenología.....	5
1.4.1 Factores que influyen en la fenología de planta	5
1.5 Floración.....	6
1.5.1 Factores para inducir la floración	6
1.5.2 Métodos de estudio de la fenología	7
1.5.2.1 Fenología clásica.....	7
1.5.2.2 Observación fenológica	8
1.5.2.3 Escala BBCH.....	9
1.6 Unidades Térmicas ó grados días	11
1.6.1 Método residual	13
1.6.2 Aplicación de unidades térmicas en agricultura	13
2. CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	13
2.1 Materiales.....	13
2.2 Lugar del estudio	14
2.2.1 Método estadístico.....	15
2.2.2 Escala BBCH	17
2.2.3 Curva de crecimiento	19
2.2.4 Unidad experimental	19
2.2.5 Variables estudiadas.....	19
2.2.5.1 Yema latente	20
2.2.5.2 Yema hinchada.....	20
2.2.5.3 Inflorescencia	20

2.2.5.4 Floración.....	20
2.2.5.5 Cuajado de la flor	20
2.2.5.6 Desarrollo del fruto	20
2.2.5.7 Madurez de fruto	21
2.2.6 Manejo el experimento.....	21
3. CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
3.1 Descripción de las etapas florales del mortíño	
considerando la escala BBCH.....	22
3.1.1 Estadío 5. Aparecimiento de los órganos florales.....	22
3.1.2 Estadío 6. Floración	27
3.1.3 Estadío 7. Formación del fruto.....	30
3.1.4 Estadío 8. Maduración del fruto	33
3.2 Variabilidad del mortíño	35
3.2.1 Descriptor cuantitativo días de crecimiento de fases reproductivas..	36
3.2.2 Descriptor cuantitativo de unidades de calor	36
3.2.3 Unidades de calor	37
3.3 Curva de crecimiento: Fases Fenológicas vs Tiempo.....	38
3.4 Condiciones climáticas de la zona de estudio durante	
la época de la investigación	38
3.5 Discusión de resultados.....	39
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
4.1 Conclusiones.....	42
4.2 Recomendaciones	43
REFERENCIAS	44
ANEXOS	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Vaccinium floribundum</i> kunth distribuido en región Andina	1
Figura 2. Estados fenológicos de las plantas (Vásquez, 2017).....	11
Figura 3. Yema latente – Clasificación 510 según BBCH	22
Figura 4. Yema hinchada – Clasificación 511 según BBCH.....	23
Figura 5. Fin yema hinchada– Clasificación 512 según BBCH	23
Figura 6. Botón floral – Clasificación 513 según BBCH	24
Figura 7. Inflorescencia – Clasificación 514 según BBCH	25
Figura 8. Desarrollo de inflorescencia – Clasificación 515 según BBCH	26
Figura 9. Aparición pétalos – Clasificación 516 según BBCH	26
Figura 10. Pétalos cerrados – Clasificación 517 según BBCH.....	26
Figura 11. Fin de inflorescencia – Clasificación 518 según BBCH.....	27
Figura 12. Flores abiertas – Clasificación 610 según BBCH.....	27
Figura 13. Flores abiertas 20% – Clasificación 611 según BBCH.....	28
Figura 14. Flores abiertas 40% – Clasificación 612 según BBCH.....	28
Figura 15. Flores abiertas 70% – Clasificación 613 según BBCH.....	28
Figura 16. Marchitez corola – Clasificación 614 según BBCH	29
Figura 17. Desprendimiento corola – Clasificación 615 según BBCH.....	30
Figura 18. Fin de floración – Clasificación 616 según BBCH	30
Figura 19. Ovario no crece – Clasificación 710 según BBCH	31
Figura 20. Crecimiento de ovario – Clasificación 711 según BBCH.....	31
Figura 21. Desarrollo de fruto 30% – Clasificación 712 según BBCH.....	31
Figura 22. Desarrollo de fruto 50% – Clasificación 713 según BBCH.....	32
Figura 23. Desarrollo de fruto 70% – Clasificación 714 según BBCH.....	32
Figura 24. Desarrollo de fruto 90% – Clasificación 715 según BBCH.....	33
Figura 25. Comienzo de maduración – Clasificación 810 según BBCH.....	33
Figura 26. Maduración fruto 40% – Clasificación 811 según BBCH.....	34
Figura 27. Maduración 80% – Clasificación 812 según BBCH.....	34
Figura 28. Maduración 90% – Clasificación 813 según BBCH.....	34
Figura 29. Fin de maduración – Clasificación 814 según BBCH	35
Figura 30. Curva de crecimiento de la etapa reproductiva del mortiño	38

Figura 31. Humedad relativa (%) y temperatura (°C) registradas durante el tiempo de estudio (5 mayo - 28 octubre 2017) en el Atacazo (3500 msnm).....	39
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales utilizados para la investigación sobre fenología del mortiño.....	14
Tabla 2. Condiciones edafoclimáticas	14
Tabla 3. Codificación BBCH del mortiño	17
Tabla 4. Estadísticos de dos descriptores en la etapa de yema latente del mortiño.....	23
Tabla 5. Estadísticos de dos descriptores en la etapa de yema hinchada del mortiño.....	24
Tabla 6. Estadísticos de dos descriptores en la etapa de botón floral del mortiño.....	25
Tabla 7. Estadísticos de dos descriptores en la etapa de floración del mortiño.....	29
Tabla 8. Estadísticos de dos descriptores en la etapa de desarrollo del fruto del mortiño.....	32
Tabla 9. Estadísticos de dos descriptores en la etapa de maduración del mortiño.....	35
Tabla 10. Estadísticos de días de crecimiento de las fases del mortiño.	
Tabla 11. Estadístico de temperaturas y humedad relativa durante los meses de estudio.....	37
Tabla 12. Unidades térmicas y días de desarrollo de fases florales.....	37
Tabla 13. Temperatura y humedad relativa promedio de fases reproductivas a campo abierto	39

INTRODUCCIÓN

Importancia

El mortiño (*Vaccinium floribundum* kunth) pertenece a la familia Ericaceae y se lo conoce como uva del monte. Crece de manera silvestre en los páramos de los Andes. No se conoce la existencia de un cultivo comercial, esto posiblemente es debido a la falta de investigación respecto a la domesticación del mismo (Asturizaga, 2006).

En Ecuador el mortiño crece en los Andes (Carchi hasta Loja) como se muestra en la figura 1, se desarrolla en climas fríos y templados con temperaturas que van entre 8 a 16°C en bosque seco pre montano, bosque húmedo pre montano, bosque seco montano. La cosecha de la fruta está en función de la madurez que se realiza entre los meses de mayo a Julio y de Octubre a Diciembre, siendo en el mes de Noviembre el más utilizado para realizar la colada morada, una comida tradicional por el día de los muertos. Al mortiño se lo puede encontrar en fresco en los mercados de nuestro país (Tupuna, 2012).

La importancia que tiene el mortiño es debido a sus propiedades medicinales y su valor nutritivo ya que contiene antocianinas las cuales aportan con beneficios a la salud y se lo conoce como: anti inflamatorios, antioxidantes (Trujillo, 2008).

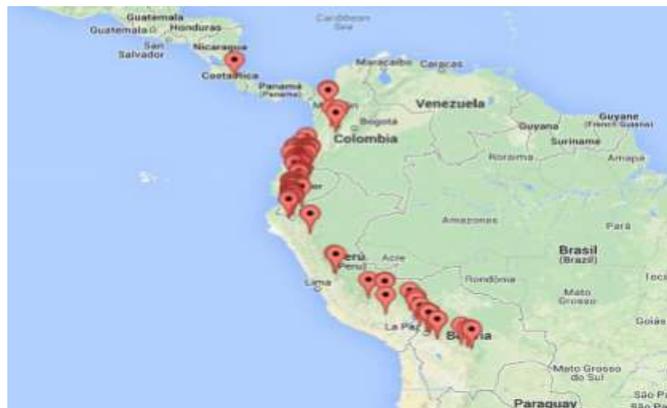


Figura 1. *Vaccinium floribundum* kunth distribuido en región Andina Tomado de Luteyn, 2012

La fenología es la ciencia que estudia los eventos periódicos que ocurren en las plantas y llegar a conocer el desarrollo, crecimiento de una planta para mayor facilidad en el manejo de un cultivo y una buena producción (Méndez, 2013). Esta ciencia puede evaluarse por varios métodos, uno de ellos es el BBCH “Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische”. Es un sistema decimal de dos dígitos, el cual permite codificar los estados fenológicos de las plantas mono y dicotiledóneas (Agustí, 2010).

Problemática

El mortiño es una planta que crece en forma silvestre y no ha sido domesticada dentro de nuestro país. Son varios los factores que afectan a la planta: reducción de la superficie para crecimiento del mortiño, debido a la ampliación de la frontera agrícola, ganadera y forestal. La ampliación de la frontera agrícola en los páramos del Ecuador provoca pérdida de suelo, agua, fauna y flora. Otro factor de gran influencia en el crecimiento de la planta es el mal manejo de los recursos naturales, ya que se deja sin protección a las fuentes de agua que son fundamentales el desarrollo de la vida. La quema y la deforestación son factores que incrementan con el pasar del tiempo (Montenegro, 2010).

Justificación

Debido que no existe una domesticación de la planta de mortiño y se conoce que existe el crecimiento de pequeñas parcelas de forma natural en los páramos ecuatorianos y la fruta crece de manera silvestre. Entre las limitantes para la expansión del crecimiento es la falta de estudios y de información sobre la etapa de fenología floral que tiene la planta de mortiño.

Estudios realizados indican que el crecimiento se da en climas fríos y altitud alta, pero sin determinar tiempo de crecimiento total e incluso tiempo por cada etapa fenológica para realizar cosechas con una madurez óptima según el destino a la que sea empleada el mortiño (Pedraza-Peñalosa, 2012)

Alcance

El presente estudio se realizó para determinar la fenología floral del mortiño *in situ* basado en la escala BBCH, iniciando desde la presencia de la yema latente, hasta que el fruto llegue a madurez fisiológica y determinar el tiempo que requiere cada una de las etapas fenológicas con lo cual se podrá aportar para un seguimiento durante todo el crecimiento de la planta para la obtención de la fruta e ir mejorando la calidad y una mayor producción. Con la ayuda de la escala verificar que sea correcto el tiempo empleado por cada fase en desarrollo e incluso poder tomar acciones correctivas por alguna variación en fechas establecidas que no se estén cumpliendo según el presente estudio.

Objetivo general

- Evaluar los estados fenológicos de la floración del mortiño en el páramo del Atacazo, considerando la escala BBCH.

Objetivos Específicos

Determinar *in situ* las fases de la fenología floral del mortiño en el páramo del Atacazo en la provincia de Pichincha

Determinar la curva del crecimiento de las etapas fenológicas del mortiño.

1. CAPÍTULO I. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Generalidades de la planta.

El mortiño (*Vaccinium floribundum*) es una planta nativa de los Andes. En Ecuador esta especie se encuentra distribuida en todas las provincias de la Sierra, entre los 3500-4500 msnm, con temperaturas de 8 a 16° C (Coronel, 2012).

El mortiño tiene un mejor desarrollo en suelos ácidos, arenosos generalmente húmedos y con buen drenaje, ya que la planta de mortiño no tolera encharcamientos causando la pudrición de la raíz (Coronel, 2012).

Tiene dos épocas de recolección, la primera de Julio - Agosto y la segunda de Octubre-Noviembre. El mortiño es utilizado desde hace mucho tiempo en elaboración de colada morada durante el Día de Difuntos, también se emplea en la elaboración de mermeladas, jugos, vinos, helados y variedad de dulces (Gallardo, 2015).

1.2 Características de la planta del mortiño

El mortiño pertenece al reino Plantae, familia Ericaceae, género *Vaccinium*. En el Ecuador se han identificado tres especies del mortiño. La especie más abundante es *Vaccinium floribundum* kunt, situado a lo largo de toda la Sierra ecuatoriana, a comparación de *Vaccinium distichum* y *Vaccinium crenatum* que están en la parte sur de la Sierra, en provincias de Loja y Azuay, en su taxonomía (PUCE, 2006).

El mortiño es un arbusto ramificado con altura de hasta 2,5 m, tiene hojas ovaladas, pequeñas, con nervadura pinnada y coreasas, flores que miden menos de 1cm y poseen de 8 a 10 estambres, su fruto es una baya esférica que puede ser de 5 a 8 mm de diámetro, de color azul y puede llegar a tomar un color azul oscuro. Por lo general el crecimiento de la planta es vertical, con reproducción de semilla, yemas, la inflorescencia se presenta en racimo con 6 a 10 flores (Coronel, 2012).

1.3 Composición química

La composición química del fruto fresco de mortiño, está conformado por agua (80%), grasa 1%, cenizas 0,4%, proteínas 0,7%, carbohidratos 18,1%, el componente calórico es de 84 Kcal/100g. Por cada 100 gramos de fruta fresca tiene minerales calcio 0,12%, magnesio 0,06%, fósforo 0,09%, potasio 0,75%, sodio 0,09%, hierro 30 ppm, cobre 6 ppm, manganeso 62 ppm y zinc 10 ppm. (Coba, Coronel y Verdugo, 2012).

La característica mencionada hace que sea una fruta potencial para la industria alimenticia para obtención de varios productos como mermeladas, vinos, jales etc. Productos de alto potencial alimenticio y medicinal (vasco, 2009)

1.4 Fenología

La finalidad de la fenología es describir las diferentes etapas que ocurren durante el crecimiento y desarrollo de los cultivos que pueden verse afectados por factores externos como el clima, insectos, etc. El conocer la fenología de una planta ayuda a planificar y programar actividades dentro del manejo y con ello la productividad del cultivo (Méndez, 2013).

1.4.1 Factores que influyen en la fenología de planta

Existen factores que pueden afectar el crecimiento y desarrollo de la planta y por este motivo las fases fenológicas pueden ser afectadas, entre diferentes factores se tiene:

La temperatura que controla la velocidad de crecimiento y desarrollo que las plantas tienen para pasar de una fase a otra. Ocurriendo una acumulación de calor es la que se denomina grados - día (growth degree days) obteniendo datos en escala °C de temperatura, estudios demuestran que una planta crece más rápido cuando está expuesta a temperaturas altas debido a la acumulación de calor, tomando en cuenta los parámetros de crecimiento de cada planta (Chuine, 2003).

Según Menzel (2002), la radiación solar influye en el fotoperiodo ya que es la principal fuente de luz y da paso para realizar la fotosíntesis en organismos vegetales. Pueden existir variaciones en radiación solar, intensidad, longitud de onda e irradiación diaria, siendo estas variaciones las que provocan directa o indirectamente la respuesta en todas las etapas fenológicas.

Precipitación es un factor de mucha importancia para el desarrollo en las plantas en la cual se debe considerar la cantidad e intensidad. El potencial hídrico que tienen los suelos es de gran ayuda para el crecimiento y desarrollo de cada fase fenológica de una planta (Rotzer, 2001).

La cantidad de dióxido de carbono que consume la planta para realizar la fotosíntesis tiene un efecto directo en la floración de las plantas, a mayor cantidad de CO₂ el crecimiento es más rápido (Jach, 1999).

1.5 Floración

La floración da inicio a la fase reproductiva, donde se da la generación de la progenie provocando la perpetuación de la especie. Se considera el cambio de más importancia en el desarrollo del ciclo de vida de la angiospermas (Guevara, 2003).

Cuando los meristemas reciben la señal que inicia el proceso reproductivo, comienza la producción de las estructuras reproductivas donde posteriormente ocurre el crecimiento de sépalos, pétalos, pistilos y estambre que son las estructuras que conforman la flor (Guevara, 2003).

1.5.1 Factores para inducir la floración

Según Guevara (2003) el proceso de floración tiene 3 etapas: 1) La inducción que son los eventos que indican que la planta debe alterar su desarrollo y que debe orientar hacia la fase de reproducción. 2) Evocación que son los eventos que se dan en el ápice luego de pasar la etapa de inducción ya mencionada, provocando la reorganización de yemas generando primordios florales en vez de foliares y por último se tiene 3) el desarrollo, la cual da origen a las estructuras florales para finalizar la etapa de floración.

Los factores más importantes que promueven la floración son ambientales como la temperatura, fotoperiodo y la disponibilidad de agua. Estas señales son las que permiten que las plantas puedan crecer de forma sincronizada. Cuando existe variación en el clima, se ven afectados y evitan que la floración se desarrolle de manera correcta (Guevara, 2003).

1.5.2 Métodos de estudio de la fenología

1.5.2.1 Fenología clásica

Se caracteriza por la recolecta de datos cuantitativos y es de fácil manejo, proporcionando datos de la floración y del fructificación. No indica la cantidad de frutos que se obtiene del cultivo, en cada categoría se realiza una escala lineal para determinar el porcentaje total de la floración de cada cultivo analizado (Wallace, 2003). Por ejemplo, el estudio realizado en el olivo señala que la prefloración tuvo una duración de 1-2 meses, floración hasta 3 meses, siendo estos datos de mucha importancia para la parte agrícola y sincronizar el desarrollo de la planta y establecer periodos de riesgo (Rojo, 2014). Otro estudio fue realizado en el lago Caimán para la cuantificación de árboles en fructificación de la especie higuierón (*Ficus spp.*), que existían donde utilizaron una escala lineal de 6 puntos utilizando árboles de pocos frutos ya maduros que fue descrito: 0= 0%, 1= 1 a 20%, 2= 21 a 40%, 3= 41 a 60%, 4=61 a 80%, 5= 81 a 100%. Los resultados indicaron que existió mucha variación en el fructificación, siendo con mayor desarrollo el punto 3 que va del 21 al 40% en el fructificación. Otro estudio realizado fue en la piña donde se analizó el crecimiento de la fase floral dando como resultados el crecimiento del diámetro de la flor de 4,8 cm hasta llegar a un crecimiento de 12,6 cm durante 20 semanas, estos resultados fueron un aporte para estudios sobre crecimiento total del fruto de piña (Murillo, 2014). Dentro de la fenología clásica existió otro estudio fenológico en once especies leñosas en México, donde se dio un código a cada árbol para poder realizar la cuantificación de la etapa de floración, observando las flores en la etapa abierta. Los resultados mostraron que entre especies no hay sincronización floral.

Obteniendo como resultado conocer que la floración varía en función de cada especie, y se determinó que en una misma fecha de evaluación las diferentes especies presentaron diferentes porcentajes de floración: *Pithecellobium ebano* presentó el 90 %, seguido de *Acacia farnesiana* con 81% y 63% para *Prosopis laevigata* (García, 2001).

1.5.2.2 Observación fenológica

Se realiza mediante el conteo de las plantas que alcanzan una fase en una fecha exacta y se subdivide en 3 categorías. La principal categoría es el número 2 donde se determina el número de días que son necesarios para el inicio de fases como son: emergencia, floración, fructificación y maduración. Por ejemplo, se realizó la observación fenológica en el tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav). Donde la formación de su primera flor abierta se registró a los 266 días desde la siembra en condiciones no controladas (campo abierto) que es la forma de tradicional de cultivar el tomate de árbol y 297 días en condiciones controladas (invernadero). Con esta investigación ayudó a tener resultados para la obtención del fruto de tomate de árbol en un menor tiempo (Guachizaca, 2016). Estudio realizado en el arándano *Vaccinium myrtillus* en la variedad "Biloxi" en su etapa de floración se obtuvo resultados que desde la yema floral abierta a la flor abierta existió una duración de 40,42 días y la variedad "Sharpblue" duró 37,54 días, obteniendo como resultado que la variedad Sharpblue es más productiva (Mesa, 2015).

Estudios fenológicos florales realizados en brezo rubio (*Ericaceae australis*), la etapa de floración fue dividido en 3 fases: fase 0 (Prefloración), fase 1 (Inicio de floración) y fase 2 (Plena floración). En la fase 0 se ha identificado que durante los últimos años existe un retraso al observar el crecimiento de la yema floral pero no se ve afectado en su desarrollo. En la fase 1 obtuvo un crecimiento en 24 días y la fase 2 una duración de 21 días. El estudio ayudó a verificar que existe un retraso anual en las fechas de cada fase fenológica comparando con estudios pasados del tiempo de floración de esta especie y esto ocurre por los

cambios de temperaturas de los últimos tiempos donde se evidencio que se alargó la fase de crecimiento de la yema floral y la precipitación en la fase de plena floración (Reyes, 2011).

1.5.2.3 Escala BBCH

La escala internacional BBCH “Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische” resultado del trabajo de un grupo que se conformó en el centro Federal de investigaciones Biológicas para la agricultura y Silvicultura en la República Federal Alemana (Hack, 1992).

Según (Agustí, 2010) caracteriza por tener una escala con varios dígitos que va de 0 al 9 que son las fases principales descritas a continuación:

- 0 Germinación- brotación-desarrollo de la yema
- 1 Desarrollo de las hojas (brote- tallo principal)
- 2 Formación de brotes laterales – macollamiento.
- 3 Crecimiento longitudinal tallo - crecimiento en forma de roseta, desarrollo de brotes (retoños) - encañado (tallo principal)
- 4 Desarrollo de las partes cosechables de la planta u de órganos vegetativos de propagación / embuchamiento
5. Emergencia de la inflorescencia / espigamiento
- 6 Floración
- 7 Desarrollo del fruto
- 8 Coloración y maduración de frutos y semillas
- 9 Senescencia - dormancia/latencia (Agustí, 2010).

Los estadios que son los secundarios o llamados también segundo dígito llevan la numeración del 0 al 9 que indican los estados que son evolutivos dentro del estadio principal. La escala BBCH puede considerar un tercer dígito, siendo el dígito intermedio en la codificación BBCH que representa el número de ciclos productivos que la planta tiene en el año (Hack, 1992).

La técnica basada en la escala BBCH, ha permitido entender de mejor manera el crecimiento y desarrollo de los cultivos. En el caso aguacate (*Persea americana*), que es un cultivo importante en los países tropicales y subtropicales, se estudió la fenología con esta técnica, lo que permitió definir las etapas fenológicas más importantes, desde el inicio de los brotes con una codificación 0, hasta finalizar con la cosecha del fruto utilizando la codificación con el número 10, como resultado se determinó que sus etapas fenológicas tienen ya un tiempo estable de desarrollo en condiciones óptimas de temperatura y facilita a los productores para su cosecha. (Alcaraz, 2013).

Estudios realizados en cacao (*Theobroma sp.*) utilizando el método BBCH, permitieron analizar cada etapa de crecimiento, desde la germinación de la semilla codificada con la numeración 0, hasta el desarrollo del fruto utilizando el código 10; permitiendo a los productores y científicos llevar una mejor planificación para la obtención del fruto, brindando un aporte a los productores en indicar el tiempo estimado de cosecha, importante para la comercialización (Niemenak, Cilas, Rohsius, 2010). Por su parte estudios realizados en mango (*Mangifera indica L.*) basados en la escala BBCH, evaluaron 7 de las 10 las etapas, iniciando con la brotación del botón floral utilizando codificación 7, desarrollo de hojas, aparición de inflorescencia, floración, desarrollo de los frutos y finalizando con la madurez del fruto asignando la etapa 10, siendo de gran importancia el estudio para mejor el manejo de las plantaciones enfocadas a mejorar la calidad del fruto (Hernández, Aranguren y Reig, 2011).

A manera genera la fenología floral de una planta se basa en las fases que se detallan a continuación (Velarde, 2005).

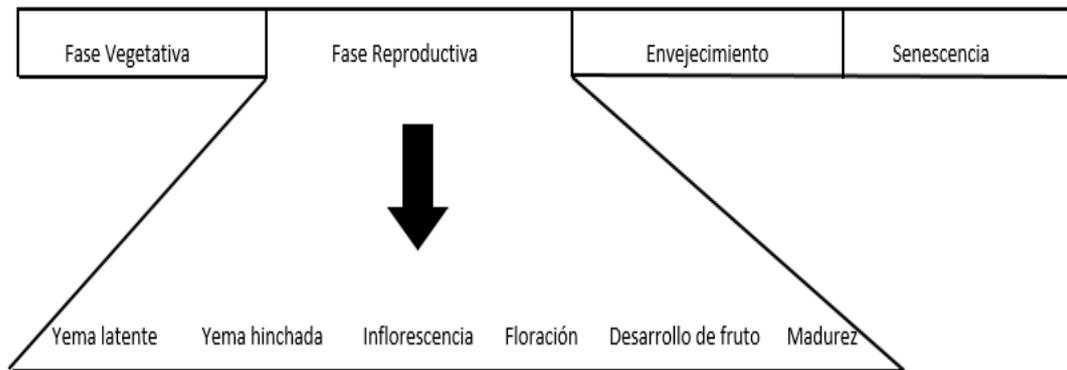


Figura 2. Estados fenológicos de las plantas

Tomado de (Vásquez, 2017).

Dentro de la fase reproductiva se encuentra el estudio de la fenología floral que evaluando las diferentes fases como se cómo se detalla a continuación: (Rivadeneira, 2007)

Emergencia de la inflorescencia **que** es el momento en el que aparece un primer botón floral en latencia y a continuación hinchazón de las yemas.

Aparición de las primeras flores con cambio de coloración en su crecimiento y las flores se abren totalmente denominado floración.

Desarrollo del fruto se observa un aumento en su tamaño en un determinado tiempo y también existe un cambio de coloración hasta poder llegar a su madurez.

Madurez del fruto está en función del tamaño, sabor y color adecuado del fruto, misma que está en función de la variedad.

1.6 Unidades Térmicas ó grados días

Es la acumulación de calor donde interviene la temperatura crítica máxima y temperatura crítica mínima del crecimiento, permitiendo definir el rango para que el cultivo se desarrolle de mejor manera, y si se encuentra fuera del rango la planta detiene el crecimiento o puede llegar a morir (Cartagena, 2009).

Para determinar el efecto que tiene la temperatura sobre las plantas es por medio de cálculos de unidades de calor en diferentes etapas fenológicas. Para poder seleccionar un método adecuado se puede realizar la comparación entre coeficientes de variación de análisis de varianza con las unidades térmicas acumuladas entre las fases que se estén estudiando y el que presente el coeficiente más bajo será el de mejor resultado (Vásquez, 1993).

Al realizar un análisis de los grados de temperatura que afectan a un cultivo en determinada localización se encuentran algunos métodos, se puede tener la relación que existe entre las temperatura máxima y mínima siendo el número de grados días acumulados que es un conjunto de temperaturas que se los toma a diario con aparatos de meteorología en estaciones designadas para el control del mismo (Wheleer, 2009).

Tognetti (2008), indica que la temperatura base del género *Vaccinium* es de 7 °C y a medida que la temperatura va en aumento, por encima de la temperatura base, el desarrollo y crecimiento puede acelerar en todas sus fases fenológicas. Estudio realizado en el pepino (*Cucumis sativus*) sobre la acumulación de grados - día, dio como resultado que las temperaturas diurnas máximas alcanzaron 44,7°C y la mínima hasta 21°C, siendo la temperatura (base) 32°C para esta especie. Cuando se observó un incremento en temperaturas se evidenció varios daños en tejido foliar (Hoyos, Morales y Montoya, 2001).

Para calcular las unidades térmicas existen diferentes métodos: residual, directo, exponencial, fisiológico, etc. Todos con diferente método de evaluación. Para trabajos de investigación y mayor rapidez para obtener resultados es recomendable utilizar el método residual basado en una formula general y de igual manera se obtendrá datos precisos para las unidades de calor. (Villalpando, 1991)

1.6.1 Método residual

Para este método es necesario considerar los siguientes parámetros: temperatura máxima, la temperatura mínima y la temperatura base que va a ser diferente según el cultivo que se esté estudiando (Temperatura donde la planta tiene su desarrollo óptimo, varía en cada especie e incluso entre variedades). La fórmula es.

Método residual

$$U.T = \sum \frac{T_{máx} + T_{mín}}{2} - T_{base} \quad (\text{Ecuación 1})$$

1.6.2 Aplicación de unidades térmicas en agricultura

Entre diferentes aplicaciones dentro de la agricultura del uso de las unidades térmicas se encuentran:

Programación para actividades agrícolas utilizadas para fechas de siembra, control de plagas mediante la aplicación de los insecticidas y cosechas. Pronóstico para fases fenológicas donde se aplica para etapas de emergencia, floración, etc. Clasificación para especies y variedades utilizando las unidades térmicas con medida estándar, en vez de utilizar días para diferencias entre varios cultivos que estén en un mismo cultivar (Villalpando, 1991).

2. CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

Para el estudio sobre la fenología floral del mortiño, se utilizó los siguientes materiales:

Tabla 1.

Materiales utilizados para la investigación sobre fenología del mortiño

MATERIAL BIOLÓGICO	<ul style="list-style-type: none"> Plantas de mortiño
MATERIAL DE CAMPO	<ul style="list-style-type: none"> Libro de campo Etiquetas de plástico Marcador permanente Tijeras Alambre Data Logger (HOBO U23 Pro v2 Temp/RH ONSET) GPS Calibrador Cámara fotográfica Carta de colores (Royal Horticultural Society, 2007)
MATERIAL DE LABORATORIO	<ul style="list-style-type: none"> Estereoscopio (Amscope) Estilete
MATERIAL DE OFICINA	<ul style="list-style-type: none"> Computadora Software (Word, Excel)

2.2 Lugar del estudio

La realización del estudio fue en la provincia de Pichincha, en la localidad del volcán Atacazo donde el mortiño crece como planta silvestre. Como se observa en la tabla 2 se presenta las condiciones que el mortiño se desarrolla de manera normal en condiciones silvestres.

Tabla 2.

Condiciones edafoclimáticas

CARACTERÍSTICA	ATACAZO
Ubicación	Cantón Mejía
Temperatura promedio	11,6 °C
Humedad relativa promedio	79 %
Precipitación promedio anual	1.400 mm
Área agroecológica	Bosque húmedo montano frío
Tipo de suelo	Hapludol Argiudol
Altitud	3.500 msnm

Adaptado de INIAP, s.f.

2.2.1 Método estadístico

Para el presente estudio se utilizó la estadística descriptiva donde se recolectó un conjunto de datos cuantitativos y cualitativos de cada fase fenológica y poder determinar la variabilidad que existe de crecimiento. Los estadísticos utilizados en el presente estudio fueron:

La ecuación 2 representa la fórmula de la media que tiene la posición central, que se utiliza dentro de un conjunto de datos también llamada promedio.

Media

$$x = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{N} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde:

X_1, X_2, \dots = Conjunto de números que serán evaluados

N = Número total de datos

Varianza que se obtiene con la ecuación 3, es la medida que representa la variabilidad en un grupo de observaciones con un grado de homogeneidad.

Varianza

$$\sigma^2 = \frac{(X_1 - \bar{x})^2 + (X_2 - \bar{x})^2 + \dots + (X_n - \bar{x})^2}{N} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde:

X_1 = Observación de la muestra

\bar{x} = Media aritmética

N = Tamaño de la muestra

Desviación estándar es la que determina el promedio aritmético de fluctuación de los datos que se obtienen con respecto al punto medio. El resultado de la desviación estándar representa el promedio de la diferencia que existe entre las observaciones y la media.

Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{N}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde:

Σ = Sumatoria

X_1 = Observación de la muestra

\bar{x} = Media aritmética

N = Tamaño de la muestra

Valor máximo y mínimo son los que reflejan los valores superiores e inferiores, para determinar la variabilidad de crecimiento en cada fase.

El rango es la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de un conjunto de datos, mostrando la distribución de valores en una determinada serie.

La ecuación 5 indica cómo se obtiene el CV (%), que es una medida que refleja la dispersión relativa en un conjunto de datos.

Coefficiente de variación

$$x = \frac{\sigma}{|\bar{x}|} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Dónde:

σ = Desviación estándar

\bar{x} = Media aritmética

Para el cálculo de las unidades calor o también llamado Grados-día se utilizó el Data Logger (Hobbo) de donde se obtuvo la información de temperatura y humedad relativa de todos los días en que se realizó la investigación. Para el cálculo de los grados día se utilizó la fórmula:

Grados-día

$$GD = \sum \frac{T_{\text{mín}} - T_{\text{máx}}}{2} - Tu \quad (\text{Ecuación 6})$$

Dónde:

$T_{\text{mín}}$ = Temperatura mínima

$T_{\text{máx}}$ = Temperatura máxima

Tu = Temperatura Base de la especie (7°C)

2.2.2 Escala BBCH

La tabla 3 muestra la escala BBCH tomando en cuenta los tres dígitos mencionados anteriormente, indicando el estadio principal en la parte izquierda, el estadio secundario en la parte derecha con la descripción que corresponde a cada fase y el tercer dígito en el medio indicando la cantidad de ciclos reproductivos del mortño que se determinó 2 ciclos al año. Para el mortño la fenología floral abarca desde la fase #5 hasta la fase #8 describiendo lo ocurrido con cada parte de la planta, su color, su forma y sus medidas que se logró registrar en todo el periodo de análisis.

Tabla 3.

Codificación BBCH del mortño

BBCH código	Descripción
Estadio principal 5	Aparición del órgano floral
510	Yemas en latencia
511	Apertura e hinchazón de yema, coloración verde con sectores en la yema de color rojo
512	Finaliza brotación de la yema reproductiva
513	Visibles brotes reproductivos
514	Inflorescencia cubierta por escamas de coloración roja
515	Pétalos florales se alargan, sépalos todavía cerrados
516	Sépalos se abren, flores simples con pétalos de coloración blanca y rosada
517	Flores toman una forma de campana coloración blanca con pequeñas manchas rosadas
518	Fin de la inflorescencia (Flores se encuentran totalmente cerradas)

Estadio principal 6	Floración
610	Aparición de las primeras flores abiertas
611	Empieza floración, 20% se observa de flores abiertas
612	Aproximadamente 40% de flores abiertas
613	70% de flores cumplen con el proceso de floración
614	Flores se marchitan tomando coloración café
615	En su mayoría los pétalos se caen
616	Finaliza floración, todos los pétalos se caen.
Estadio principal 7	Formación de fruto
710	Primera caída de frutos donde ovario no desarrolla
711	Crecimiento del ovario
712	Los frutos llegan a tener un 30% de su tamaño final
713	Los frutos llegan a tener un 50% de su tamaño final
714	Los frutos llegan a tener un 70% de su tamaño final
715	Los frutos llegan a tener un 90% de su tamaño final
Estadio principal 8	Maduración del fruto
810	Maduración de los frutos iniciando con una coloración verde claro
811	Madurez de baya con cambio de coloración azul 40% y 60% verde
812	Aumenta la coloración azul 80% de la baya
813	Llega al 100% de coloración azul en la baya
814	Madurez de consumo, coloración y sabor correspondiente de la fruta

Como se puede observar en la escala BBCH cada etapa tiene su codificación, los estadios primarios son codificados con numeración del 0 al 9 siendo el primer número de la izquierda el estadio principal de crecimiento, que corresponde a la fase del estudio. Los estadios secundarios ubicados a la derecha (segundo

dígito), dentro de la codificación permiten describir con precisión las fases cortas dentro del desarrollo de una planta. Puede existir como en estos casos codificación de 3 dígitos donde la numeración del medio representa cuantos ciclos reproductivos tiene la planta durante el año, siendo en el caso del mortiño 2 ciclos de cosecha por año.

2.2.3 Curva de crecimiento

Con los datos que se obtuvo finalmente se realizó una curva de crecimiento donde en el eje X se representó las fases fenológicas y el eje Y el tiempo (semanas) que requirió la planta para cada una de las fases florales estudiadas en el mortiño.

2.2.4 Unidad experimental

Para el estudio se seleccionaron 11 plantas de mortiño *in situ*, se marcaron 23 ramas las cuales se encontraban en las diferentes etapas reproductivas para facilitar el estudio planteado.

2.2.5 Variables estudiadas

Se realizó de igual manera un análisis cualitativo como cuantitativo de las flores, fruto. Al realizar el análisis cualitativo se observó forma, color en cada fase de crecimiento, descripción visual de cambios que ocurrían y en algunos casos porque no existía el crecimiento en algunas fases. En el cuantitativo se evaluó dimensiones de largo y ancho en milímetros en: botón floral, flor, fruto. Tiempo de duración de cada fase en días y control de temperatura y humedad que existió en los días de crecimiento para analizar su crecimiento.

2.2.5.1 Yema latente

Se consideró a la estructura que se encuentra en la axila de la hoja con la aparición de un botón floral sin que exista un hinchamiento de yema con el uso de calibrador para su medición cuantitativa.

2.2.5.2 Yema hinchada

Se registró cuando se observó que las escamas de la yema se separaron extendiéndose hacia el exterior, tomando una forma redonda y mayor grosor.

2.2.5.3 Inflorescencia

Para esto se observó que las escamas (Hojas modificadas en forma de lámina seca y coriácea que se encuentra en la superficie de algunas partes de los vegetales) se caigan y empieza el crecimiento del botón floral tomando una coloración rosada.

2.2.5.4 Floración

Se consideró una planta en floración cuando se observó que el botón floral procedente de la inflorescencia presentó la corola abierta y coloración blanca.

2.2.5.5 Cuajado de la flor

Se registró cuando el ovario de la flor se encuentra engrosado tomando una coloración verde claro.

2.2.5.6 Desarrollo del fruto

Considerado desarrollo cuando la baya toma forma redonda con coloración verde claro a color azul oscuro

2.2.5.7 Madurez de fruto

En esta etapa el fruto presenta varios cambios físicos como el cambio de color morado a color azul intenso y un ensanchamiento en la baya de 1 a 2 mm en ancho para formar el fruto de mortiño.

2.2.6 Manejo el experimento

El presente estudio fue realizado en campo *in situ* en el Volcán Atacazo a 3,500 msnm, clima adecuado para el crecimiento del mortiño de manera silvestre. En este lugar se analizó la etapa de floración que ocurre desde el estadio principal 5 que es aparición del órgano floral, hasta el estadio principal 8 que es maduración del fruto.

Se seleccionaron 11 plantas las cuales tenían diferentes fases fenológicas para el análisis. Se utilizó etiquetas que permitieron la identificación de cada planta colocando información como: fecha, altitud, fase en la que se encontraba para mayor comprensión e identificación. Para registrar temperatura y humedad relativa fue indispensable utilizar una data logger durante todo el tiempo de estudio el cual comprendió entre los meses de junio a noviembre. Fue necesario etiquetar una o más ramas de cada planta dando en total 23 ramas las cuales contenían diferentes etapas florales en estudio y un seguimiento de 2 veces por semana para verificar los cambios que ocurren en cada etapa, realizando mediante observación visual para los apuntes y evidencia fotográfica para observar el desarrollo de cada fase.

3. CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Descripción de las etapas florales del mortiño considerando la escala BBCH

A continuación, se detallará el estudio fenológico de los estadios principales florales basados en la escala BBCH.

3.1.1 Estadío 5. Aparecimiento de los órganos florales

Yemas en latencia (BBCH-510), para el estudio de esta etapa fenológica se evaluó una muestra compuesta de 12 yemas de plantas que se encontraban en la etapa vegetativa. Se registró las dimensiones de las yemas (largo y ancho) como indica la tabla 4, también características cualitativas de las estructuras como el color que en esta etapa fue verde con pequeñas manchas rojas en los bordes de las escamas, sin embargo, no se evidenció ningún tipo de crecimiento de la yema como se puede observar en la figura 4.

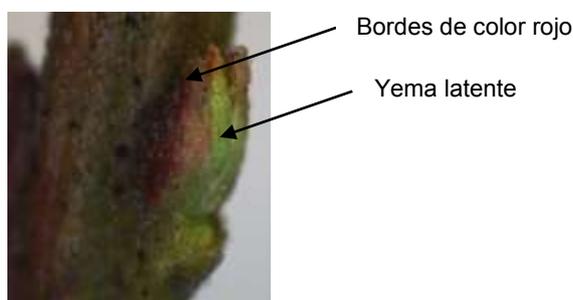


Figura 3. Yema latente – Clasificación 510 según BBCH

Como se observa en la tabla 4 para determinar los valores de yema latente se analizó 11 muestras en el páramo del Atacazo obteniendo resultados en el diámetro polar de la yema latente un promedio de 0,7 mm y un coeficiente de variación del 26,8% que indica la variabilidad de esta característica en yemas latentes. Mientras que el diámetro ecuatorial de la yema en esta fase fue de en promedio de 0,4 mm y un coeficiente de variación de 24,85%, similar a la característica polar.

Tabla 4.

Estadísticos de dos descriptores en la etapa de yema latente del mortño.

Descriptor	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	CV %
Yema latente (diámetro polar mm)	0,5	0,9	0,7	0,3	0,55	26,08
Yema latente (diámetro ecuatorial mm)	0,2	0,6	0,4	0,05	0,22	24,85

Yema hinchada (BBCH-511), la etapa fenológica de la yema se observa engrosamiento de la yema, las escamas toman coloración roja en su totalidad, con medidas de 0,1mm de largo y 0,8mm ancho al encontrarse la yema ya hinchada (Figura 4).



Figura 4. Yema hinchada – Clasificación 511 según BBCH

Fin de yema hinchada (BBCH-512), en el análisis de esta etapa fenológica se determinó con la información de 9 yemas hinchadas de las plantas seleccionadas. Se observó el grosor de las yemas y comparó con la yema latente, se observó un cambio de coloración casi total de la yema a un rojo claro con fillos verdes (Figura 5).

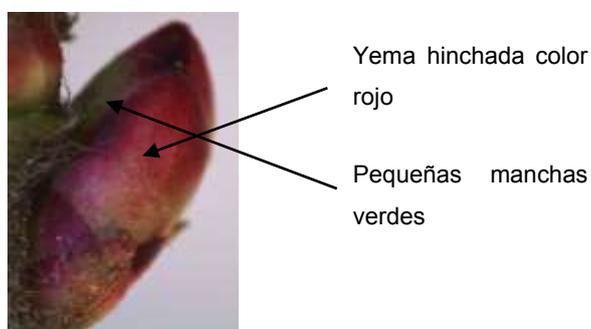


Figura 5. Fin yema hinchada– Clasificación 512 según BBCH

En la tabla 5 el número de observaciones realizadas para yema hinchada fue de 9 muestras en la localización del páramo del Atacazo, obteniendo resultados de promedio en diámetro polar de yemas brotadas que tienen 1,2 mm y coeficiente de variación de 20,41%. El promedio del diámetro ecuatorial fue de 1,1mm y el coeficiente de variación de 11,76 %, indicando la variabilidad dentro de esta etapa.

Tabla 5.

Estadísticos de dos descriptores en la etapa de yema hinchada del mortiño

Descriptor	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	CV %
Yema hinchada (Diámetro polar mm)	1,1	1,3	1,2	0,17	0,41	20,41
Yema hinchada (Diámetro ecuatorial mm)	0,9	1,3	1,1	0,06	0,06	11,76

Botón floral (BBCH-513), dentro de esta etapa apareció en la axila de la hoja una estructura de color rojo y pequeñas franjas verdes en los bordes, como se observa en la figura 6 y dimensiones 0,3 mm de largo y 0,5 mm de ancho.

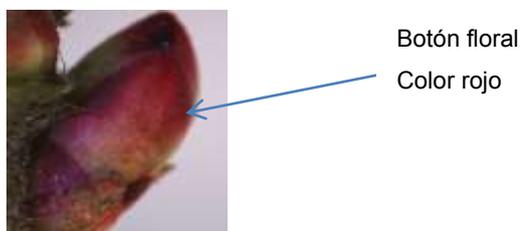


Figura 6. Botón floral – Clasificación 513 según BBCH

Comienzo de la inflorescencia (BBCH-514), en la presente fase fenológica se consideró 11 muestras que presentaban el inicio de la inflorescencia, a través de características cualitativas, para esto se observó las escamas abiertas con coloración rosado. Permitiendo el inicio del desarrollo de estructuras de la flor (Figura 7).

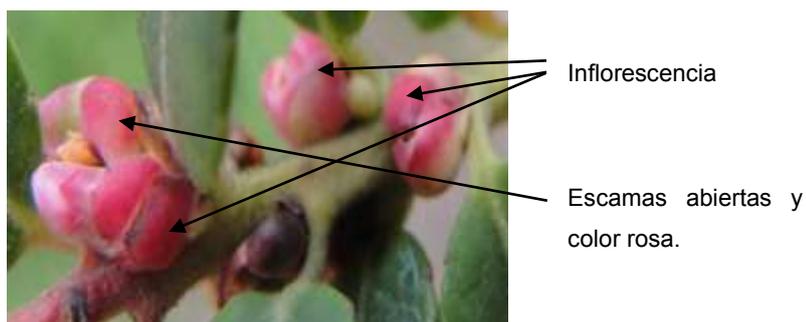


Figura 7. Inflorescencia – Clasificación 514 según BBCH

En la fase de botón floral las 11 muestras analizadas presentan las siguientes características cuantitativas como se muestra en la tabla 6, valores en el promedio del diámetro polar de 1,6 mm y un coeficiente de variación de 12,31%. Mientras que, el diámetro ecuatorial fue de 1,4 mm con un coeficiente de variación (CV) de 25,07%. Este CV permite indicar que hay una cierta variabilidad de las plantas de mortiño en esta característica.

Tabla 6.

Estadísticos de dos descriptores en la etapa de botón floral del mortiño

Descriptor	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	CV %
Botón floral (Diámetro polar mm)	1,5	1,7	1,6	0,39	0,62	12,31
Botón floral (Diámetro ecuatorial mm)	1,2	1,6	1,4	0,64	0,80	25,07

Desarrollo de la inflorescencia (BBCH-515), en la evaluación de esta etapa fenológica se consideró la forma de las escamas de la flor. Cuando la flor presenta forma tubular con textura dura y color rosado y dimensiones de 1,9 mm largo y 1,5 ancho, se considera una inflorescencia en desarrollo (Figura 8).

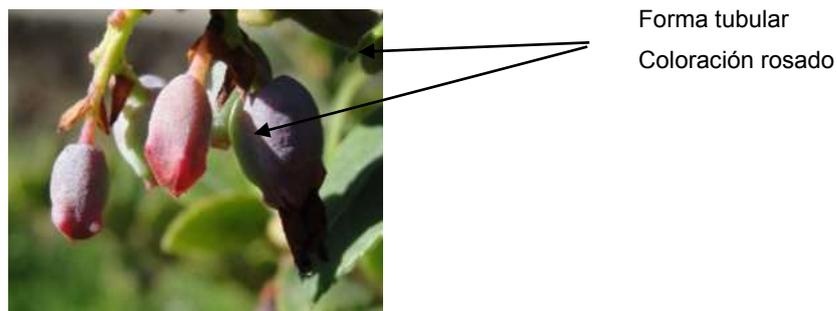


Figura 8. Desarrollo de inflorescencia – Clasificación 515 según BBCH

Presencia de pétalos (BBCH-516), se consideró esta característica cuando los pétalos se encuentran cerrados y de forma alargada de color rosado como se observa en la figura 9.

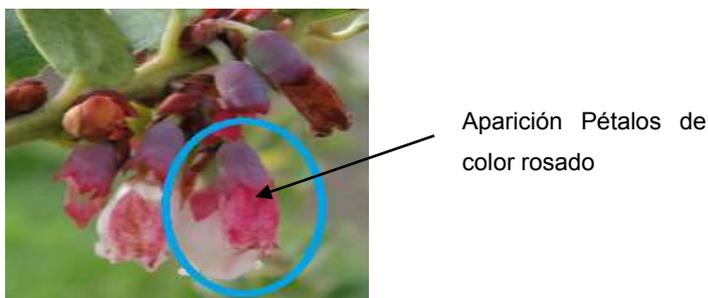


Figura 9. Aparición pétalos – Clasificación 516 según BBCH

Pétalos cerrados (BBCH-517), se consideró en esta fase cuando la flor presentó la forma tubular, de color rosada, con pequeños pigmentos amarillos y blancos en los extremos superiores de los pétalos (Figura 10).

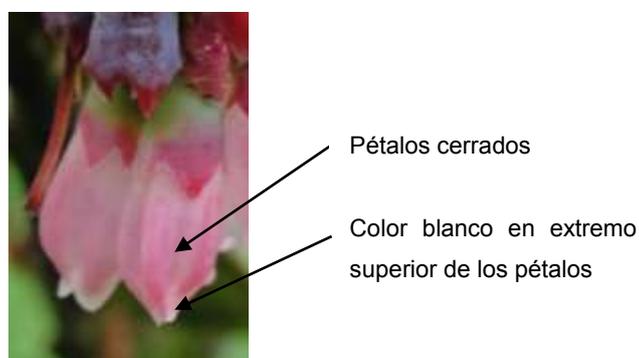


Figura 10. Pétalos cerrados – Clasificación 517 según BBCH

Fin de la inflorescencia (BBCH-518), en esta fase los pétalos se encuentran cerrados, con un color predominante rosado y fillos blancos. El tamaño de la inflorescencia, medida desde la base del pedúnculo hasta el ápice del pétalo tiene una longitud de 6 mm de largo y 3 mm de ancho (Figura 11).

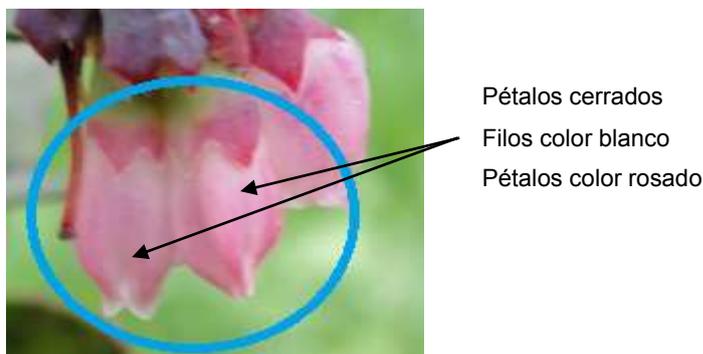


Figura 11. Fin de inflorescencia – Clasificación 518 según BBCH

3.1.2 Estadío 6. Floración

Inicio de flores abiertas (BBCH-610), se observa dentro de la etapa 610 el pétalo de la flor es de color blanco. La corola tiene forma urceolada de 2,9 mm de largo y 2,4 mm de ancho (Figura 12).

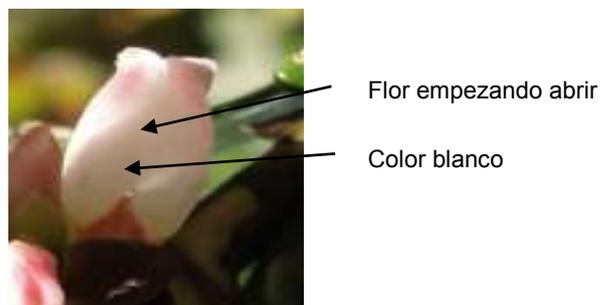


Figura 12. Flores abiertas – Clasificación 610 según BBCH

Flores abiertas (BBCH-611), esta fase fenológica registró el 20 % de las flores abiertas de la inflorescencia observando un total de 4 flores (figura 13).

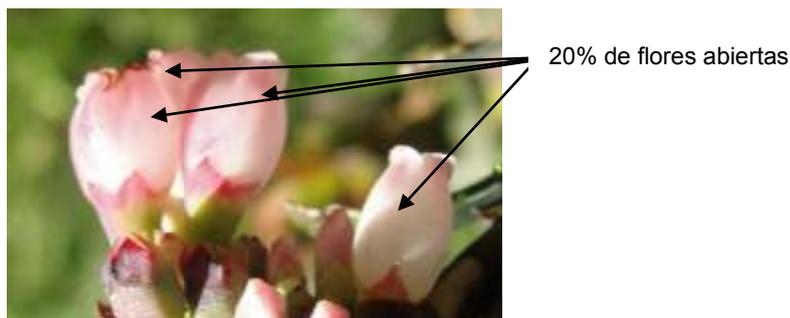


Figura 13. Flores abiertas 20% – Clasificación 611 según BBCH

Flores abiertas (BBCH-612), se observó que los pétalos se encuentran semi abiertos teniendo un 40% de flores abiertas, (Figura 14).



Figura 14. Flores abiertas 40% – Clasificación 612 según BBCH

Flores abiertas (BBCH-613), la figura 15 muestra la apertura de los pétalos cuando se encontraban con 70% de flores abiertas para continuar el proceso de floración, coloración blanca es predominante en los pétalos. Se obtuvo 11 muestras en etapa de floración.

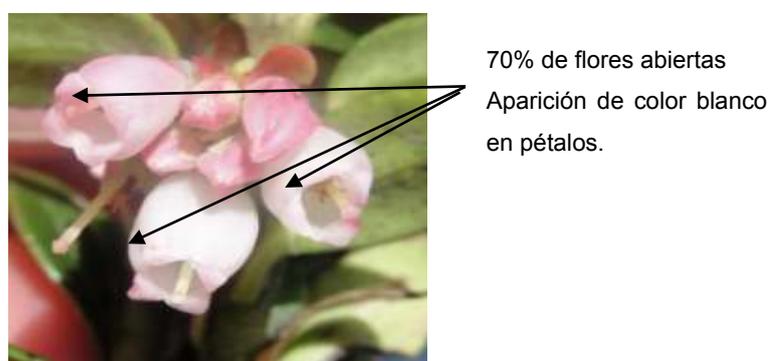


Figura 15. Flores abiertas 70% – Clasificación 613 según BBCH

En la tabla 7 muestra el análisis de 11 muestras en páramo del Atacazo logrando evidenciar que la flor presentó dimensión polar mínimo de 8mm y un máximo de 11mm, mientras que el diámetro ecuatorial mínimo fue de 3mm y máximo de 4,5mm.

Tabla 7.

Estadísticos de dos descriptores en la etapa de floración del mortiño

Descriptor	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	CV %
Flor (Diámetro polar mm)	8	11	9,36	0,80	0,90	9,58
Flor (Diámetro ecuatorial mm)	3	4,5	3,45	0,27	0,52	15,12

Marchitez de corola (BBCH-614), dentro de la presente fase fenológica se observa una coloración amarilla de los pétalos (Figura 16).



Marchites de la corola
Tonalidad color amarillo

Figura 16. Marchitez corola – Clasificación 614 según BBCH

Desprendimiento de la corola (BBCH-615), la etapa fenológica presentó color oscuro en la corola y su textura dura y causando más facilidad en caerse (Figura 17).

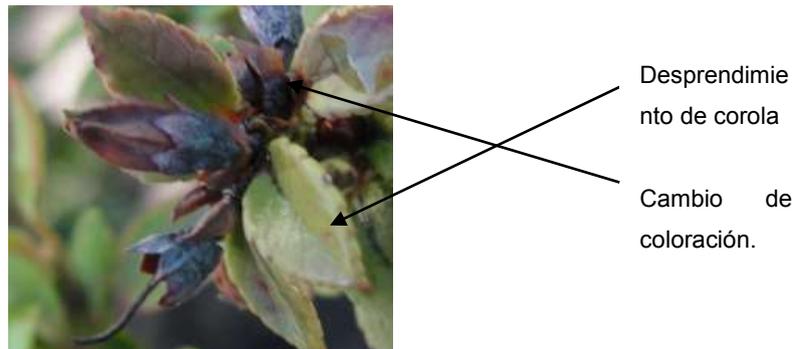


Figura 17. Desprendimiento corola – Clasificación 615 según BBCH

Fin de floración (BBCH-616), se observó cambio de forma en el sépalo con forma tubular y empezando a ensancharse, coloración roja en la parte superior y verde en la parte inferior (Figura 18).

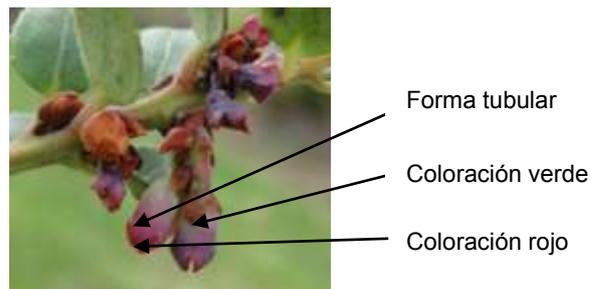


Figura 18. Fin de floración – Clasificación 616 según BBCH

3.1.3 Estadío 7. Formación del fruto

No existe crecimiento de ovario (BBCH-710), no existe visibilidad de crecimiento del ovario, caída o muerte de posibles frutos como se puede observar en la figura 19.



No ocurre desarrollo de ovario

Figura 19. Ovario no crece – Clasificación 710 según BBCH

Crecimiento ovario (BBCH-711), la fase fenológica presentó un desarrollo del ovario para dar paso al crecimiento del fruto, aumentando su tamaño y haciéndose presente el color verde en la estructura (Figura 20).



Desarrollo de ovario
Aumento de tamaño

Figura 20. Crecimiento de ovario – Clasificación 711 según BBCH

Desarrollo de fruto 30% (BBCH-712), en la presente fase fenológica se identificó 16 muestras. Empieza la formación de bayas del 30% con forma redonda y coloración de tonalidad verde y manchas moradas (Figura 21).



Desarrollo de fruto 30%

Pequeñas franjas de color moradas

Figura 21. Desarrollo de fruto 30% – Clasificación 712 según BBCH

Como se puede observar en la tabla 8, de 16 muestras en fase de desarrollo del fruto se observó que la baya tiene un promedio de diámetro polar 3,88mm con coeficiente de variación de 9,12%, el promedio del diámetro ecuatorial es de 4,31mm con un coeficiente de variación de 15,10% con variabilidad significativa.

Tabla 8.

Estadísticos de dos descriptores en la etapa de desarrollo del fruto del mortiño

Descriptor	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	CV %
Baya (Diámetro polar mm)	3,5	4,5	3,88	0,13	0,35	9,12
Baya (Diámetro ecuatorial mm)	3,5	5,5	4,31	0,42	0,65	15,1

Desarrollo de fruto 50% (BBCH-713), la etapa presentó un desarrollo del 50% en el crecimiento de la baya, empezando a tener forma redonda de color verde con pequeñas manchas moradas (Figura 22).

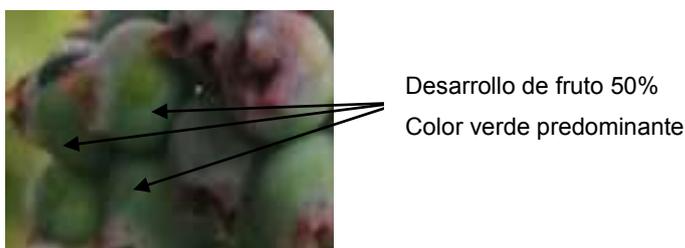


Figura 22. Desarrollo de fruto 50% – Clasificación 713 según BBCH

Desarrollo de fruto 70% (BBCH-714), ocurrió cuando las bayas toman una forma redonda del 70%. Coloración verde de la baya, medidas de 4,5mm de largo y 5,5mm en ancho (Figura 23).

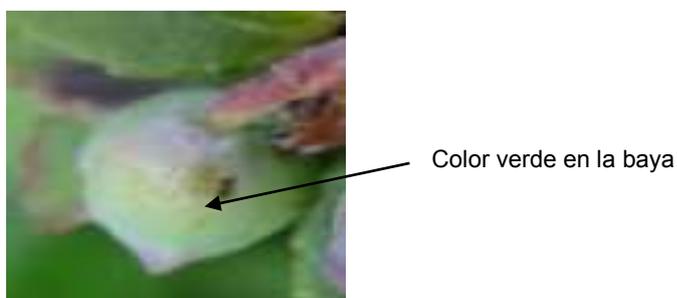


Figura 23. Desarrollo de fruto 70% – Clasificación 714 según BBCH

Desarrollo de fruto 90% (BBCH-715), en la etapa final dentro de esta etapa fenológica se observó 90% de las bayas toman forma redonda, con la coloración verde, el otro 10% no se desarrolla, con medidas son 4,5mm de largo y 5,5mm en ancho en las bayas (Figura 24).

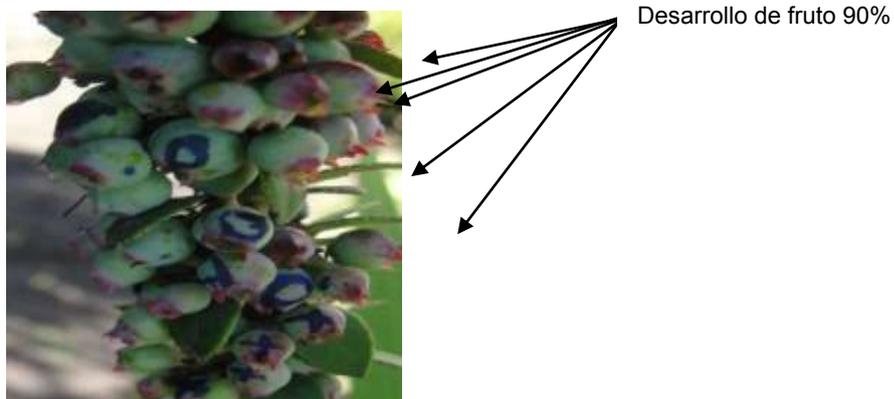


Figura 24. Desarrollo de fruto 90% – Clasificación 715 según BBCH

3.1.4 Estadío 8. Maduración del fruto

Comienzo de maduración de fruto (BBCH-810), la etapa presentó la baya redonda, una coloración verde y pequeñas manchas color morado, dimensiones en largo de 5-6mm y ancho 6 mm (Figura 25).

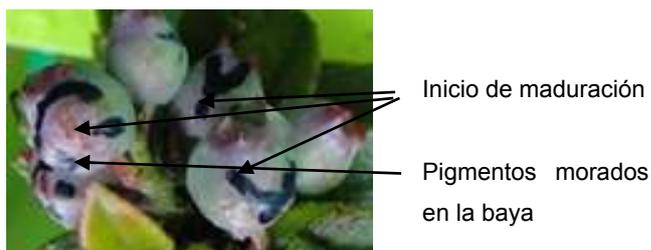


Figura 25. Comienzo de maduración – Clasificación 810 según BBCH

Madurez de fruto 40% (BBCH-811), en esta esta fase la maduración presenta el 40% en las bayas, siendo el color morado predominante alrededor de toda la baya (Figura 26)



Maduración 40%
Aumento de color morado

Figura 26. Maduración fruto 40% – Clasificación 811 según BBCH

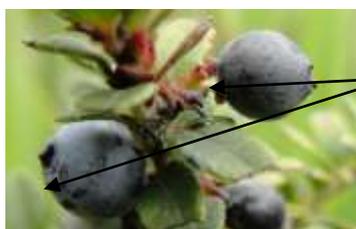
Madurez de fruto 80% (BBCH-812), figura 27 se observase el 80% de maduración en el bayo, color morado en su totalidad sin presencia de color verde que fue el color inicial.



Maduración 80%
Color morado en
totalidad de la
baya

Figura 27. Maduración 80% – Clasificación 812 según BBCH

Madurez de fruto 90% (BBCH-813), esta codificación indica que la baya llegó a un 90% de maduración, es decir su coloración sufre un cambio llegando a tener color azul oscuro intenso característico del mortiño (Figura 28)



Maduración 90%

Figura 28. Maduración 90% – Clasificación 813 según BBCH

Fin de la maduración (BBCH-814), la etapa fenológica al finalizar la maduración fue evaluado en 13 bayas en etapa de maduración. En esta etapa se alcanzó 100% de maduración, llegando a tener su color negro, forma redonda y sabor habitual está listo para la cosecha (Figura 29).

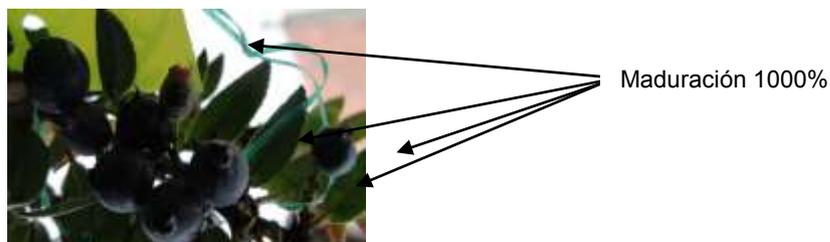


Figura 29. Fin de maduración – Clasificación 814 según BBCH

La tabla 9 muestra el análisis de 13 muestras correctamente identificadas en fase de maduración obteniendo resultados de diámetro polar en la baya de 4,89mm con coeficiente de variación 15,15% y el promedio de diámetro ecuatorial 6,86mm con coeficiente de variación de 33,42%.

Tabla 9.

Estadísticos de dos descriptores en la etapa de maduración del mortiño

Descriptor	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	CV %
Maduración (Diámetro polar mm)	4	6	4,89	0,55	0,74	15,15
Maduración (Diámetro ecuatorial mm)	5	12	6,86	5,25	2,29	33,42

3.2 Variabilidad del mortiño

Para evaluar la variabilidad que existe entre las diferentes características de crecimiento en sus etapas reproductivas del mortiño, se utilizó la estadística descriptiva: media, desviación estándar, varianza, valor mínimo, valor máximo y coeficiente de variación.

3.2.1 Descriptor cuantitativo días de crecimiento de fases reproductivas.

En la tabla 10 se representa los días de cada etapa fenológica que se demoró en crecer. Fase 5 (aparición del órgano floral) su promedio de crecimiento fue de 22,25 días con un coeficiente de variación de 42,7%. Fase 6 (Floración) donde el promedio de crecimiento de esta fase fue 45,8 días y su coeficiente de variación del 10,17% que fue bajo con respecto a la variación de otras etapas como la fase 5. Fase 7 (Formación del fruto) promedio de crecimiento fue de 47,71 días con coeficiente de variación de 19,08% que determinó que la variabilidad fue baja. Fase 8 (Maduración del fruto) el promedio de crecimiento fue de 35 días y su coeficiente de variación de 24,71% mostrando una variabilidad igualmente baja. El total de días de crecimiento de la fase reproductiva del mortiño fue de 150,8 días determinando que el crecimiento del fruto es dos veces por año.

Tabla 10.

Estadísticos de días de crecimiento de las fases del mortiño.

Descriptor	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	CV %
Fase 5 (Días)	15	35	22,25	90,25	9,5	42,7
Fase 6 (Días)	43	54	45,8	21,7	4,66	10,17
Fase 7 (Días)	36	63	47,71	82,90	9,11	19,08
Fase 8 (Días)	26	43	35	73	8,54	24,41

3.2.2 Descriptor cuantitativo de unidades de calor

En la tabla 11 indica las temperaturas y humedad relativa que existió en los meses de estudio (Mayo – Noviembre), utilizando el promedio para realizar cálculos de unidades térmicas.

Tabla 11.

Estadístico de temperaturas y humedad relativa durante los meses de estudio.

Meses 2017	Temperatura °C			Humedad relativa		
	máxima	Mínima	Promedio	máxima	Mínima	Promedio
Mayo	21,6	3,6	12,6	100	39	69,5
Junio	20,6	3	11,8	100	35	67,5
Julio	20,3	2,5	11,4	100	42	71
Agosto	21	3,3	12,15	100	38	69
Septiembre	20,8	0,8	10,8	100	38	69
Octubre	20,6	2,2	11,4	100	37	68,5
Promedio	20,7	2,67	11,68	99,92	42	70,96

La planta de mortiño crece a campo abierto sin ningún tipo de cuidado por plagas, el desarrollo se basa en cumplir con los parámetros de temperatura y humedad relativa.

3.2.3 Unidades de calor

Para obtener los grados de calor fueron necesarios los datos de temperatura de los días en los que se realizó las observaciones que se encuentran en la tabla 11, tomando en cuenta que la temperatura base es de 7°C (Tognetti, 2008), realizando los cálculos con la formula (ecuación 6) de unidades de calor.

La tabla 12 muestra el resultado de cuantas unidades térmicas necesita cada fase para su desarrollo utilizando la sumatoria de las temperaturas máximas y mínimas para emplearlas en la formula (ecuación 6)

Tabla 12.

Unidades térmicas y días de desarrollo de fases florales.

Descripción	Días	Unidades Térmicas
Yema latente	13	68
Yema brotada	9,5	51,3
Botón floral	8	41,6
Floración	37,8	209
Formación del fruto	47,71	251,44
Maduración del fruto	35	177,3

Como resultado total del crecimiento floral del mortiño dio que necesita 798,61 unidades de calor para poder realizar el proceso reproductivo.

3.3 Curva de crecimiento: Fases Fenológicas vs Tiempo

En la figura 30, se observa la curva de crecimiento de las diferentes fases reproductivas de una planta de mortiño. En el eje Y se encuentran el tiempo (semanas) y en el eje de las X las fases fenológicas de la floración, iniciando desde la yema latente hasta la maduración del fruto. La duración total de este período fue de 21,6 semanas, que inicia en el mes mayo y termina con la cosecha en el mes de octubre. Es importante recalcar que el mortiño en los Andes del Ecuador tiene 2 periodos de cosecha: el primero en mayo y el segundo periodo que es la mayor esta entre octubre y noviembre

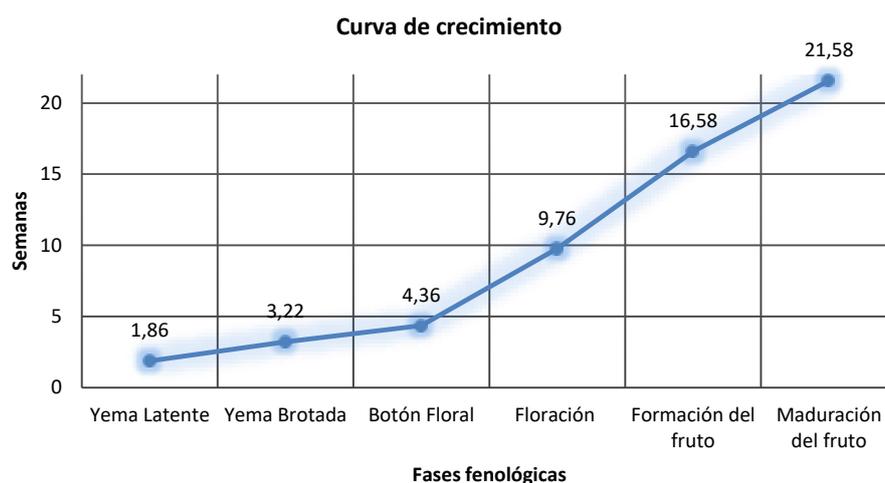


Figura 30. Curva de crecimiento de la etapa reproductiva del mortiño

3.4 Condiciones climáticas de la zona de estudio durante la época de la investigación

En la figura número 31 se observa la curva de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y la humedad relativa (%) de la localidad de estudio durante el tiempo que duró la investigación. Estos valores provienen de 5 mediciones diarias dentro del crecimiento de la planta, con la cual se realizó los promedios semanales. La tabla 13 muestra los datos de cada fase dando como resultad; en la fase de botón floral se observó el

pico más alto de humedad relativa con un valor de 71%, mientras que en la fase de yema latente el crecimiento fue normal obteniendo el valor más alto de 12,6 °C. La humedad más baja se dio en la fase de yema latente para su desarrollo con el 67,5% y la temperatura más baja fue de 10,8°C en la fase de yema brotada correspondiente al mes de Junio.

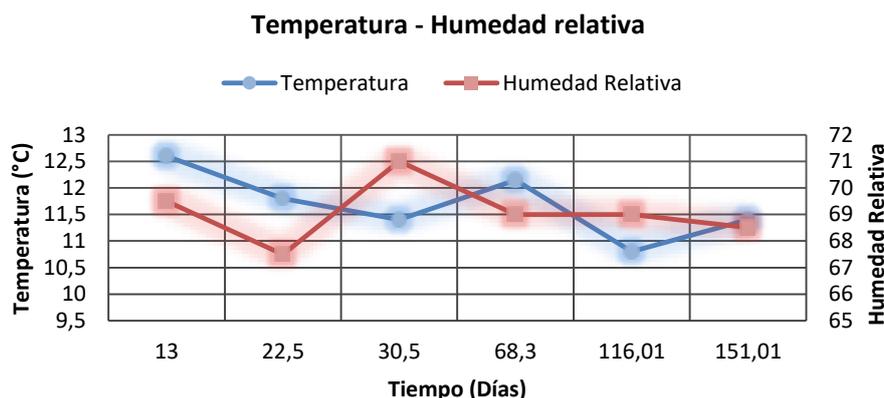


Figura 31. Humedad relativa (%) y temperatura (°C) registradas durante el tiempo de estudio (5 mayo - 28 octubre 2017) en el Atacazo (3500 msnm)

Tabla 13.

Temperatura y humedad relativa promedio de fases reproductivas a campo abierto

Fase Reproductiva	Temperatura	Humedad Relativa
Yema Latente	12,6	69,5
Yema Brotada	10,8	67,5
Botón Floral	11,4	71
Floración	12,15	69
Formación del fruto	10,8	69
Maduración del fruto	11,4	68,5

3.5 Discusión de resultados

El mortiño es susceptible a factores climáticos (Temperatura, humedad, viento), para completar su ciclo reproductivo, viéndose afectado por marchitez de hojas debido a temperaturas muy bajas, caída de flores y frutos por fuertes vientos. Según Rivadeneira (2007) la especie *Vaccinium* en la etapa vegetativa como

reproductiva se ve modificada o afectada por condiciones ambientales e incluso por el mal manejo de la planta y como consecuencia el retraso en el ciclo de crecimiento. Las condiciones de clima durante la investigación dieron paso al desarrollo del mortíño en el 2017 en el Volcán Atacazo con altitud de 3500 msnm y temperaturas promedio entre Mayo y Septiembre de 11.75°C. Según Racines, Hidalgo y Vásquez (2016) el desarrollo de mortíño se da en climas templados, fríos, con temperatura que van de 8 a 16°C y altitud de hasta 4.350 msnm.

El mortíño que pertenece a la especie *Vaccinium* tiene como temperatura base 7°C viéndose afectado por temperaturas bajas en ciertas etapas iniciales de floración. Dentro de estas se tiene: etapa de floración que en la investigación presente se observó una pérdida del 40% de flores por marchitez debido que se llegó a tener temperaturas mínimas de hasta 0,8°C afectando con desprendimiento y caída de la flor; en la etapa de yema latente como yema hinchada su desarrollo fue normal a pesar que es la etapa más susceptible pero la temperatura mínima fue de 3,6°C que no afectó en el desarrollo de las etapas de yema latente y yema hinchada. Según Muñoz (2004) es alto el grado de daño que ocasionan las bajas temperaturas en arándano de la especie *Vaccinium*, se ve afectado en las fases de desarrollo de yema en latencia, hinchada o también de la flor, siendo los factores: las temperaturas que ocasionan heladas, severidad y duración; cobertura de las nubes, velocidad del tiempo y la humedad de superficie.

Hicklenton (2002) describe en la investigación realizada en Canadá – Québec en arándano (*Vaccinium angustifolium*), en el desarrollo de la etapa floral, las yemas como las flores son más susceptibles en las épocas de frío por ejemplo en la etapa floral si se registran temperaturas de -3.5°C, se ven afectadas un 80% de flores que se encuentran abiertas y cerradas impidiendo el paso a la siguiente fase que es el cuajado del fruto.

El tiempo de crecimiento de la presente investigación en la fase reproductiva dio en un total de 151 días cumpliendo el tiempo establecido de dos periodos en el

año de cosecha del fruto, necesitando un total de 798,61 unidades de calor en toda la etapa de reproductiva. Como dice Rivadeneira (2007) la temperatura puede afectar o ayudar en cualquier etapa de crecimiento. De esta manera prolongando el tiempo de crecimiento en el caso de la floración reduciendo todo el potencial para que tenga una buena polinización e incluso la fecundación. También a temperaturas muy bajas en la etapa de floración ocurre un retraso en el desarrollo de los pétalos, para el arándano (*Vaccinium myrtillus*), su etapa de floración necesita 199 unidades de calor mientras que para el mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) es necesario 209 encontrando una relación entre los dos frutos que son de la misma especie *Vaccinium*.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El estudio realizado permitió determinar que el mortiño presenta 1 fase vegetativa: yema latente y 5 fases reproductivas: yema hinchada, botón floral, floración, desarrollo del fruto y maduración del fruto, siendo la sumatoria de las 6 fases un total de 151 días. En este periodo de tiempo la planta acumuló 798,61 Unidades Térmicas (UT), siendo la formación del fruto la que requirió más unidades térmicas con un total de 251,4 UT, mientras que la fase de botón floral la de menos unidades térmicas de 41,6 UT como se presenta en la tabla 13.

La formación del fruto es la etapa que mayor tiempo requiere en días para su desarrollo (48 días) que representa el 31,78% del total del tiempo requerido, mientras que la etapa más corta fue el desarrollo del botón floral con apenas 8 días de duración (tabla 13).

En el análisis de la curva de crecimiento indica que la sumatoria entre el desarrollo de yema latente a botón floral es muy uniforme y tiene una duración de 4,36 semanas (160,9 UT). El inicio de la floración es más acelerado ya que tiene una pendiente pronunciada pasando por formación del fruto hasta la madurez del fruto, para esto requiere mediante la sumatoria de las fases indicado en la tabla 13 un resultado de 17,21 semanas (637,74 UT).

La curva de temperatura y humedad relativa que se muestra en la figura 31 determinó que el tiempo de desarrollo es de 21,58 semanas, cumpliendo con las dos épocas de cosecha en el Ecuador en el año, la primera es Mayo y la segunda en Noviembre. Obteniendo datos promedio en el lugar de estudio (Atacazo) fue de 11,39°C y 69% de humedad relativa que se observó crecimiento continuo de la planta para realizar la cosecha en los meses ya nombrados.

4.2 Recomendaciones

Para estudios de fenología es importante realizar por lo menos una vez a la semana el seguimiento que ocurre en cada fase para evidenciar cada cambio y tener una mayor amplitud de evidencias en sus cambios físicos que van ocurriendo, siendo lo más correcto

Utilizar instrumentos como data logger para ser precisos en los cambios de temperaturas durante el día, cámara de video para realizar un seguimiento de las 24 horas para poder evidenciar los cambios ocurridos durante toda la etapa fenológica con el fin de poder registrar sus características de manera precisa.

Divulgar los resultados a personas con interés sobre el mortiño con el fin de implementar la siembra bajo los parámetros correctos y el respectivo cuidado para mejorar la calidad e incluso hacer un fruto de exportación.

Ampliar el estudio realizado con la parte inicial fenológica que es la vegetativa para poder complementar tiempo de duración de crecimiento desde siembra hasta la cosecha para la implementación de parcelas de mortiño en el Ecuador.

REFERENCIAS

- Acosta, P. Riofrío, T. Rojas, J. (2015). Phenological growth stages of tree (Solanum betaceum Cav.) an emerging fruit crop, according to the basic and extended BBCH: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.045>
- Agustí, M. (2010). Fruticultura. Madrid, España: Segunda edición
Recuperado 19 de diciembre del 2017 de: http://redbiblio.unne.edu.ar/pdf/0603-003778_1.pdf
- Chmielewski, F. (2001). Response of tree phenology to climate change. Agricultural and forest meteorology: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.10.016>
- Coba, P. Coronel, D. Verdugo, K. (2012). Estudio etnobotánica del mortiño, como alimento ancestral y potencial alimento funcional. LA GRANJA. revista ciencias de la vida: <https://doi.org/10.17163/lgr.n16.2012.01>
- Fuertes, C. (2011). Estudio aerobio lógico y fenológico de Ericaceae en León. León, México: Recuperado 27 de Noviembre del 2017 de: https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/2277/tesis_806c0d.PDF?sequence=1
- García, L. (1997). Estudio fenológico y de crecimiento de once especies leñosas del matorral espinoso en Linares. Nuevo León, México: Recuperado 13 de Diciembre del 2017 de: <http://eprints.uanl.mx/7770/1/1020120181.PDF>
- Hernández, F; Legua, P. Melgarejo, P. (2014). Phenological growth stages of jujube tree (ziziphus jujube) codification and description according to BBCH scale: <https://doi:10.1111/aab.12169>
- Hernández, P. Aranguren, M. Reig, C. (2011). Phenological growth stages of mango (Mangifera indica L.) according to the BBCH scale: <https://doi:10.1016/j.scienta.2011.07.027>
- Liu, K. Li, H. Yuan, C. (2014). Identification of phenological growth stages of sugar apple (Annona squamosa L.) using the extended BBCH-scale:

Recuperado 20 de Diciembre del 2017 de <http://www.scielo.br/pdf/aabc/v89n3s0/0001-3765-aabc-201720170205.pdf>

Niemenak, N. Cilas, C. Rohsius, C. (2010). Phenological growth stages of cacao plants (*Theobroma* sp.): Codification and description according to the BBCH scale. <https://doi:10.1111/j.1744-7348.2009.00356.x>

Racines, M. Hidalgo, R. Vásquez, W. (2016). Domesticación del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth), frutal andino con gran potencial para la industria alimenticia. Quito, Ecuador: Recuperado 17 de diciembre del 2017 de: <http://iicta.bogota.unal.edu.co/wp-content/uploads/2017/02/51A008-1.pdf>

Wallace, R. (2004). Metodologías para medir la fenología de fructificación. San Andrés, Colombia: Recuperado 11 de diciembre del 2017 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

ANEXOS

Anexo 1: Localidad de estudio realizado



Ubicación geográfica localidad de Atacazo

Anexo 2: Formato toma de datos



Persona encargada de estudio:

Localidad:

Altitud:

FECHA	PLANTA	FOTO	OBSERVACIÓN
Fecha que se realizó la observación	1	Imagen a color y claridad donde muestre la fase correspondiente	Información sobre datos cualitativos: color y cuantitativos: Diámetros
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		

