



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS

FENOLOGÍA FLORAL DEL CULTIVO DE MISO (*Mirabilis expansa*) SEGÚN LA
ESCALA BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT, BUNDESSORTENAMT UND
CHEMISCHE INDUSTRIE (BBCH) COMO BASE PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD.

AUTOR

María Elissa Larco Terán

AÑO
2019



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS

FENOLOGÍA FLORAL DEL CULTIVO DE MISO (*Mirabilis expansa*) SEGÚN
LA ESCALA BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT, BUNDESSORTENAMT UND
CHEMISCHE INDUSTRIE (BBCH) COMO BASE PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD.

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniera Agroindustrial y de alimentos

Profesor Guía

PhD. Mauricio Andrés Racines Oliva

Autora

María Elissa Larco Terán

Año

2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Fenología floral del cultivo de miso (*Mirabilis expansa*) según la escala Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische industrie (BBCH) como base para mejorar la productividad, a través de reuniones periódicas con la estudiante María Elissa Larco Terán, 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.C: 171090216-2

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Fenología floral del cultivo de miso (*Mirabilis expansa*) según la escala Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische industrie (BBCH) como base para mejorar la productividad, con la estudiante María Elissa Larco Terán, en el semestre 201910, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Wilson Arturo Vázquez Castillo
Doctor of Philosophy
C.C: 100118621-0

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

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

María Elissa Larco Terán
C.C: 171759017-6

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad de las Américas y al instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) por su apertura para la realización de este trabajo. En especial a mis padres por ser el apoyo fundamental y a mi novio Frank por la motivación incondicional.

DEDICATORIA

A mis padres, mi familia,
aquellos enardecidos con
la fenología y la mejora de
la productividad en el
campo agrícola.

RESUMEN

El presente estudio fue realizado en la estación "Santa Catalina" del Instituto nacional de investigaciones agropecuarias (INIAP) ubicada a 3065 metros sobre el nivel del mar, cuya temperatura anual oscila entre 11,37 °C, sus precipitaciones de 1500 mm por año y una humedad relativa del 83,62%. La fenología floral del miso (*Mirabilis expansa*) tiene una importancia dentro de la etapa reproductiva que se encuentra afectada por factores climáticos del entorno del cultivo. Por su parte la escala BBCH se emplea para la comprensión e identificación de los estadios fenológicos, siendo este caso para cubrir la etapa floral en el estadio 5 y 6, cada uno representado con mesoestadios permitiendo una descripción detallada. Se realizó el seguimiento a una población de 42 muestras en el cultivo, los datos almacenados de las variables fueron el diámetro polar, diámetro ecuatorial y el largo de la estructura floral; siguiendo con el análisis estadístico descriptivo donde intervienen: media, rango desviación estándar, coeficiente de variación y varianza. En cuanto a resultados hallados de manera visual se elabora una escala que incluye cada cambio de manera óptica, empleando como base la escala BBCH potato/ patata. Todas las observaciones captadas durante la floración se encuentran expresadas en unidades térmicas acumulados, dado que existen diferencias entre las inflorescencias primarias, secundarias y terciarias. Mismas que están determinadas por el lugar de origen del respectivo racimo floral, que a su vez son afectadas por diversos patrones. Por consiguiente, el presente estudio protagoniza una base para otros con la finalidad de encontrar caminos hacia mejoras productivas en el sector agrícola.

Palabras claves: unidades térmicas, escala BBCH, fenología, floral, miso, *Mirabilis expansa*.

ABSTRACT

The present Study took place at “Santa Catalina” Station. This Station belong to the Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). It is located at 3065 meters above sea level. Average annual temperature at this station ranges between 11,37 °C, with average precipitations of 1500 mm per year, and a relative humidity of 83,62%. The floral phenology of miso (*Mirabilis expansa*) has an importance throughout the reproductive stage and it is affected by climatic factors of the crop's environment. So, the BBCH scale is used for the understanding and identification of the phenological stages, being the case to cover the floral stage 5 and 6, each one represented with mesostages, allowing them a detailed description. A population of 42 samples of the crop were monitored, the information of variables obtained and stored were: polar diameter, equatorial diameter and length of floral structure, according to the corresponding statistical analysis, specifically basic descriptive statistics, such as: mean, range, standard deviation, coefficient of variation and variance. In terms of results found in a visual way, a scale is elaborated that includes each change in an optical way, using the BBCH potato scale as a basis. All observations collected during flowering are expressed by heat units, since there are differences between the primary, secondary and tertiary inflorescences. They are determinated by the origin place of the respective floral bunch, which in turn are affected by different patterns. Therefore, the present study provides a basis frame for future phenology research studies in order to improve the productivity in the agricultural sector.

Keywords: heat units, BBCH scale, Floral phenology, miso *Mirabilis expansa*

ÍNDICE

1. Capítulo I. Introducción.....	1
1. 1. Reseña histórica del miso.....	1
1.2. Alcance.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
2. Capítulo II. Revisión de literatura.....	4
2.1.1. Origen y taxonomía botánica del miso.....	4
2.1.2. Requerimientos edafoclimáticos del miso.....	5
2.1.3. Descripción de la planta de miso.....	5
2.1.4. Usos y composición nutricional del tubérculo de miso.....	6
2.1.5. Fenología.....	7
2.1.6. Escalas fenológicas.....	7
2.1.7. Escala Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie (BBCH).....	8
2.1.8. Unidades de calor o grados días desarrollo.....	10
3. Capítulo III. Metodología.....	11
3.1. Materiales y Métodos.....	11
3.1.1. Material biológico.....	11
3.1.2. Material de laboratorio.....	11
3.1.3. Material digital y soporte.....	12
3.1.4. Material de campo.....	12
3.2. Métodos.....	12
3.2.1. Ubicación del estudio.....	12
3.2.2. Análisis estadístico:.....	13
3.3.3. Variables.....	15
3.3.4. Manejo del experimento.....	16

4. Capítulo IV. Resultados	19
4.1. Cambios fenológicos de la etapa floral	19
4.1.1. Fases fenológicas de las ramas primarias.....	19
4.1.2. Fases fenológicas de las ramas secundarias.....	24
4.1.3. Fases fenológicas de las ramas terciarias	28
5. Capítulo V. Discusión	33
5.1. Fenología floral y la vía de la auxina	33
5.2. Colección fotográfica de la etapa floral del miso	35
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
6.1. Conclusiones.....	42
6.2.Recomendaciones	42
REFERENCIAS	44
ANEXOS	48

1. Capítulo I. Introducción

2. 1. Reseña histórica del miso

Algunos tubérculos, a lo largo de la historia, han sido calificados de importancia alimenticia en épocas de conflictos de conquista para la expansión de territorio (Global ideas, 2014). La existencia de sembríos tuberosos de origen milenario como: “la oca, el ulluku, las papas amargas, la mashwa, la arracacha, el yacón, la maca y la mauka” (Tapia y Fries, 2007, p.63) que se empleaban para el proceso de secado en frío el resultado de esta transformación se llama “chuno”, el mismo que se almacenaba por un tiempo, usualmente hasta tres años como reserva para épocas donde acontecía la escasez de alimentos, una convicción que actuó como base para el levantamiento de todo el imperio Inca. Actualmente se puede exponer como una de las especies de alimentos que podrían eliminar el hambre en el mundo (Global ideas, 2014).

Según el seminario internacional sobre la seguridad alimentaria y la lucha con el hambre (UCO, 2006) en su apartado que busca la implementación de la dieta basada en la diversidad Andina. Indica la existencia de hábitos alimenticios codificados globalmente que poco a poco esta diversidad ha ido afectada; tanto en la preservación de especies como en su producción a nivel agrícola generando inconvenientes en las demandas, consecuencia que deriva en la carencia de oferta en el mercado. Poblaciones adultas mayores preparaban y consumían especies nativas que hoy para generaciones contemporáneas son completamente desconocidas. Por tal motivo la FAO (1992) trató esta problemática mediante su libro "Cultivos marginados, otra perspectiva 1492" donde se desarrollan varios temas como: Estrategias, programas e iniciativas en la perpetuación de especies andinas en peligro de desaparición, causada por especies introducidas desde Europa.

En las últimas décadas especialistas en el tema de agronomía, zootecnia, técnicos en la agricultura y ganadería de las potencias mundiales han estudiado a detalle especies de cultivos dirigidos exclusivamente a

monocultivos, cuyo enfoque principal es la garantía en la cantidad de alimento suficiente para el abastecimiento de los habitantes del mundo. La seguridad alimentaria basada en disponer alimentos con calidad también incluye la variedad para la adecuada distribución de la biodiversidad; especialmente en países protagonistas de riqueza natural (FAO, 1992).

La agricultura en el Ecuador forma parte de una tradición propia de cada región. Históricamente entre los años 100 A.C y 800 D.C los habitantes de lugares prehispánicos como: Real Alto actual límite entre Guayas y Manabí, Inga pirca actual Cañar y Flores actual Chimborazo alcanzaron conocimientos brindados por la naturaleza para el desarrollo de actividades agrícolas. Tiempo después con la conquista española dichas actividades fueron modificadas con nuevas costumbres que empezaron con la introducción de especies extranjeras de monocultivos (Suquilanda, 1996). No obstante, los pueblos indígenas lograron transmitir sus tradiciones agrarias durante generaciones dando como principio básico la relación: hombre- cultivo- medio ambiente, un hecho al respecto son los “Huasipungos” en 1920, ubicados en Chimborazo con su práctica “Pacha Mama” (Pasa, 2008). En 1940 se realizan cambios tecnológicos en la agricultura ecuatoriana llamada “Revolución verde” (Suquilanda, 1996) donde se emplean el uso de agroquímicos, tractores mecánicos y la intensificación de monocultivos con el objeto de obtener mayores niveles de producción por hectárea. Asimismo, fomentar el uso de especies mejoradas genéticamente con mayor demanda en el mercado (Suquilanda, 1996). Dos décadas después se refleja las devastadoras secuelas: destrucción de recursos naturales, erosiones irreversibles en los suelos, problemas de salud en los pequeños productores por el uso de agroquímicos (CATIE, 2003).

En conjunto es importante reforzar identidades tradicionalmente para la recuperación de especies nativas ecuatorianas (Walsh, 2001).

Según “Panel on the Lost Crops of the Incas” (Incas, 1990) el miso (*Mirabilis expansa*) calificado como un cultivo en peligro de extinción. La región andina ecuatoriana es principalmente determinada por su diversidad en raíces

tuberosas, se estima que alrededor de 350 diferentes variedades aborígenes se encuentran en instituciones de investigación como el “Instituto Nacional de investigaciones agropecuarias” (INIAP) organismo encargado de caracterizar y preservarlas, mediante el banco de germoplasma; a causa de ello se propone una protección legal como refugio para la soberanía alimentaria (Guil, 2015).

Las técnicas contemporáneas en la agricultura proponen la mejora de la productividad mediante varios mecanismos que implican el uso de herramientas Smart para elevar niveles de eficiencia, la digitalización abre puertas hacia la agricultura 4.0 que consiste en monitorear en tiempo real los cultivos o producciones en cada etapa fenológica por ende estudios fenológicos basados en escalas como la BBCH son señalados como bases para la configuración en Big data y Smart data, que en su correcta conformación son capaces de tomar decisiones por si solos (Bayern, 2018). En el Ecuador existe un tipo Agro 4.0 aplicado en palma aceitera, cada planta está resguardada con códigos de ubicación donde un dron por medio de codificación de colores alerta sobre la condición de cada una de ellas, en caso de presentarse alguna anomalía como: enfermedades, plagas, decoloración, etc. puede tratarse a tiempo con el fin de eliminar errores y pérdidas en la producción (Siemens, 2018).

1.2. Alcance

El presente estudio se encuentra enfocado en describir de manera detallada la fenología floral de la plantación de miso, abarca desde la primera aparición de partes vegetativas que darán lugar al botón floral pasando por cada etapa de la formación de la inflorescencia terminado con la formación del fruto. Para ello se emplea el uso de la escala BBCH desde el estadio principal 5: Emergencia de la inflorescencia, finalizando con el estadio principal 6: Floración (Hack et al, 1993). Adicionalmente la interacción de cada una de las fases y cambios con respecto al clima en función del tiempo, por su parte se requiere publicar esta información para conocer el cultivo de miso y su uso para Fito mejoradores.

1.3. Justificación

El estudio se realiza para complementar y completar información científica que es escasa para este cultivo, especialmente cuando se trata de la etapa floral. Con respecto a ello los suelos andinos se encuentran llenos de riquezas por explorar, la demanda de los mercados exige cada día mayor calidad donde los productores agrícolas requieren de técnicas que asesoren el adecuado empleo tanto de los recursos como de la influencia del clima en cada etapa fenológica para alcanzar la mejora productiva. Por otro lado, los beneficios nutricionales de miso han sido subestimados durante años, pues nutricionalmente el tubérculo presenta valores porcentuales de proteína muy por encima de otros tubérculos con alta demanda en el mercado como es el caso de la papa.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la fenología floral del cultivo de Miso (*Mirabilis expansa*) en la zona de Cutuclagua, provincia de Pichincha, Cantón Mejía.

1.4.2. Objetivos específicos

- Estimar el tiempo requerido para el cambio de cada fase fenológica en la floración del miso (*Mirabilis expansa*).
- Resumir los cambios fenológicos de la etapa floral del miso a través de una colección fotográfica.

2. Capítulo II. Revisión de literatura

2.1.1. Origen y taxonomía botánica del miso

Conocido en Ecuador como miso o tazo, en Perú popularizado como “puno” y en Bolivia calificado como “mauka”. Su origen recorre desde Venezuela hasta Chile, aún se desconoce el punto principal de su procedencia. En Ecuador ocasionalmente se consumen las raíces tuberosas saladas o dulces, esta última después de la cosecha se logra si nuevamente se entierra los tubérculos por una semana, lugar en el que ocurren reacciones bioquímicas para concentrar sus azúcares. El miso, un tubérculo en estado crudo tiene un sabor

astringente y picante después de ser cocido estos sabores desaparecen, también pueden ser ausentados mediante un proceso de secado solar por algunas horas (Seminario, 1993, pp. 245-257).

La taxonomía del miso indicada a continuación, que se trata de una planta angiosperma dicotiledónea.

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Nyctaginaceae

Género: *Mirabilis*

Especie: *Mirabilis expansa*

2.1.2. Requerimientos edafoclimáticos del miso

Plantaciones de miso se han localizado en altitudes entre: 2700 a 3100 m.s.n.m, aunque existen evidencias de especímenes hallados en altitudes de hasta 3300 m.s.n.m. Requiere una temperatura entre los 13 hasta los 25°C con mínimas de hasta 5 °C, donde las precipitaciones se encuentren alrededor de 680mm anuales. En cuanto a su pH del suelo se debe estar alrededor de suelos neutros, francos con buen drenaje y alta dotación de materia orgánica (Seminario, 1993, pp. 245-257).

2.1.3. Descripción de la planta de miso

Es una planta perenne de ciclo anual, que generalmente alcanza 1 metro de altura. El tallo es delgado y cilíndrico, después de la floración se vuelven leñosos (Rea,1982). Sus hojas son ovaladas, distribuidas en forma opuesta (Franco, 1990) como en todas las hojas de la familia *Nyctaginaceae*. Rea (1967) indica que las hojas son color morado, los bordes se tornan de color rojizo (“como se cita en” Tapia, Castillo, Mazón, 1996). Las inflorescencias se ubican al finalizar cada rama, se encuentran compuestas por el androceo que a su vez contiene de 3 a 4 estambres y el pistilo formado por un ovario (Rea, 1982 y Franco,1990). El color de la flor es blanca, manifestada por pigmentos. Las betalaínas son compuestos nitrogenados propios del orden *Caryophyllales* que sirven como orientadores para polinizadores, así mismo, la inflorescencia blanca determinada por alelos homocigotos “yy” en su genotipo (López, 2013).

En otra especie de la misma familia se halla en la flor de dondiego (*Mirabilis jalapa*) una planta herbácea del género *Mirabilis*, al igual que el miso presenta raíces tuberosas pivotantes, es resistente a bajas temperaturas y sequías prolongadas (López, 2013).

La reproducción puede ser: sexual y asexual, siendo esta última la más común; para lo cual se usan brotes tiernos o porciones del tallo para el mismo fin (Seminario, 1993, pp. 245-257). El género *Mirabilis* presenta variaciones en la flor entre sus variedades, la flor es dioica, posee un solo carpelo y una sola semilla en su interior, un hecho tan antiguo que fue afirmado desde el periodo cretácico (Baltazar, 2007, pp 2-49).

La semilla botánica es considerada ortodoxa; es decir que posee tolerancia a la deshidratación durante su desarrollo y almacenamiento bajo vigilancia en condiciones determinadas, en dicha condición puede perder su poder germinativo en un 4% por año. Las plantas que provienen de semilla producen raíces tuberosas pivotantes, poco follaje y producen flor (FAO, 1990) a diferencia con la reproducción por método asexual (Seminario, 1993, pp. 245-290). Algunas semillas del género *Mirabilis* muestran una organización a nivel de tejido donde se aprecia en la parte externa un endocarpio grueso y en el interior endospermo como reserva energética (Baltazar, 2007, pp. 5-39).

2.1.4. Usos y composición nutricional del tubérculo de miso

En un estudio en Cajamarca, Perú demuestra que la alimentación de conejos a base de follaje de miso incrementó el peso frente a la dieta a base de Raygrass y *Trifolium repens*. Esto se debe a que el follaje tiene alrededor de un 17% de proteína en base seca (FAO, 1992). De manera que una planta destinada para forraje rinde alrededor de 17kg planta. También se emplea la misma alimentación para cuyes (Seminario, 1993, pp. 245-257).

La alimentación de cerdos con forraje y tubérculos de miso resulta una grasa de alta calidad, no obstante, en el caso hace falta investigaciones más profundas para confirmar esta teoría (Seminario, 1993, pp. 245-257).

Acercas de la composición nutricional del tubérculo el contenido de proteínas es significativamente importante en comparación con otras especies andinas

como: oca, mashua, achira, zanahoria blanca (Espín, Brito, Villacrés, Rubio, Nieto, Grijalva., 2001), pues el miso posee en materia seca un 4,30% de proteínas por cada 100 gramos mientras que la papa (*Solanum tuberosum*) en las mismas condiciones 2% de proteínas (Seminario, 1993, pp. 245-257). Esto se debe a la baja cantidad de humedad que posee el miso (Espín et al., 2001). Por otro lado, el contenido de carbohidratos de miso rodea el 33% (Seminario, 1993, pp. 245-257). El contenido de minerales como el calcio (Ca) en el miso es de 0,79% y 0,12% de sodio (Na); dos micro elementos relativamente excedentes con respecto a las otras especies tuberosas andinas nombradas anteriormente (Espín et al., 2001).

Es importante resaltar que dentro de los componentes proteicos en el tubérculo del miso, se han encontrado elementos que combate organismos patógenos como sustancias químicas anti fúngicas: *Phythium irregulare*, *Fusarium oxysporum*, *Trichoerma barzianum* y antibacterianas: *Pseudomonas syringae*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Xanthomonas campestris* y *Erwinia carotovora* (Seminario y Valderrama, 2012, pp 8); de allí se puede deducir la rusticidad de la raíz frente a diversos factores (Espín et al., 2001).

2.1.5. Fenología

El estudio de la fenología de cada cultivo se encuentra afectado por diversos factores ambientales como: temperatura, duración de horas luz y precipitaciones. En cada etapa fenológica se encuentran fases que incluyen detalles en cada una de ellas, por ejemplo: la primera floración, el pico de la floración, caída de las hojas y la floración propiamente dicha; así como también la duración de cada etapa y los intervalos de tiempo entre cada fase (Willis, et al., 2017).

2.1.6. Escalas fenológicas

El primer estudio de la fenología con la presentación gráfica de los estadios fue en peral y manzano, donde se afirma que los primeros estudios de este tipo fueron aplicados en cultivos frutales (Fleckinger, 1945) como la base para calificar estadios fenológicos de otros cultivos. No obstante, la escala más

antigua diseñada la descripción de la fenología fue creada por Baggiolini (1952, pp. 1-4) que comprende 10 estadios fenológicos de la uva, desde la brotación hasta la coloración de la flor cuando empieza su maduración (envero) y cuajado. Después fue completada por Peterson (1960) quién añadió 5 estadios adicionales hasta la caída de la hoja. Más tarde Eichorn y Lorenz (1977) subdividieron algunos estadios fenológicos que ya existían, llegando a completar hasta el estadio 22. Sin embargo, su mayor aporte fue la asignación a cada código numérico las dos cifras, dando lugar a la digitalización e informatización de los datos. Actualmente puede encontrarse un código decimal que va de 000 a 100 propuesto por Lancashier, et al (1991), conocido como BBCH. También Lorenz y otros (1995) han descrito una extensión de la BBCH y Coombe (1995) ha perfeccionado un trabajo para identificar estadios del crecimiento de la vid. En la década de los 90's se impulsaron varios estudios sobre la fenología con su respectiva aplicación en la investigación del efecto con el cambio climático. Adicionalmente vinieron diversas razones que permitan la comparación ente varias distribuciones geográficas de los cultivos. Con este fin se desarrolló la escala BBCH que con su llegada divide el ciclo completo en 10 fases principales claramente diferenciadas que se subdividen para un mayor detalle. Los estadios son fracciones pequeñas para que este sea representativo debe cubrir al menos el 50% de la población a estudiar (Fernández, 2011).

2.1.7. Escala Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie (BBCH)

El empleo de la escala permite la codificación de cada etapa fenológica en plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas. El desarrollo de la escala en su versión extendida fue creado por un grupo de organizaciones científicas de la República Federal de Alemania, todas ellas dedicadas a la agricultura, silvicultura, horticultura, entre otras (Hack et al., 1993). Se emplea para estudios descriptivos como en "Pero de Cehegín" un cultivo auténtico de la península Ibérica, que describe estadios acertados para el manejo del cultivo, esta misma información es de suma importancia para productores que eligen esta variedad. Se escoge las mejores prácticas que reaccionen con la fisiología

vegetal afectada por la variabilidad climática, brindando resultados sorprendentes de adaptación, potencial producción y la estabilidad ecológica que se puede brindar (Martínez, Legua, Martínez y Melgarejo, 2018). La BBCH se divide en 10 etapas con códigos aritméticos ordenados de manera ascendente de 0 a 9, tomando en cuenta la especie se produce cambios que no tengan lugar a ciertos estadios o que puedan hacerlo de manera paralela, generalmente se precisa cada etapa con dos dígitos, a menos que sea el caso de: pepino, cebolla, tomate y papa allí se requiere una subdivisión más detallada llamados mesoestadios comenzando en el estadio principal de 2 a 9 (Hack et al., 1993).

A continuación, se muestra la escala BBCH con los estadios principales.

Tabla 1.

Estadios principales de crecimiento según la escala.

Estadio	Descripción
0	Germinación, brotación, desarrollo de la yema
1	Desarrollo de las hojas (brote o tallo principal)
2	Formación de brotes laterales/ macollamiento (ahijamiento)
3	Crecimiento longitudinal del tallo o crecimiento en roseta, desarrollo de brotes (retoños) / encañado (tallo principal)
4	Desarrollo de las partes vegetativas de propagación/ embuchamiento
5	Emergencia de la inflorescencia (tallo principal)/ espigamiento
6	Floración (tallo principal)
7	Desarrollo del fruto
8	Coloración, maduración de frutos o semillas
9	Senescencia , comienzo de la dormancia

Tomado de (Hack et al., 1993. p 1- 51).

Estudios fenológicos que emplean esta escala se encuentran estrechamente relacionados con otras disciplinas científicas, como la climatología que contiene fechas donde se presentan cambios importantes de manera que se emplea como herramienta para diferenciar el cambio climático del mundo (Fernández, 2011).

2.1.8. Unidades de calor o grados días desarrollo

El impacto de las temperaturas ambiente sobre los organismos biológicos se encarga de regular la temperatura interna de ellos, esto incluye a los cultivos y malezas. Las unidades térmicas son sistemas que cuantifican la temperatura térmica de estos organismos, usualmente se emplean en modelos fenológicos donde existe una relación de crecimiento con la temperatura del clima local. Se presentan dos métodos para el cálculo de las unidades de calor que son utilizados como asistencia en la gestión de sistemas de producción agrícolas: procedimientos computarizados dentro de una base de datos y el método residual que se presenta más adelante. Por ejemplo, en Arizona Estados Unidos existe una base de datos que monitorea las diferentes zonas agrícolas activamente productivas en ese país y se puede recolectar datos en tiempo real. Actualmente existen algunos métodos para calcular las unidades térmicas presentadas en modelos fenológicos alrededor de todo el mundo, por ejemplo, el método triangular y doble de una curva que se encuentra utilidad en algunas áreas de estudio, antes de realizar cualquier estudio empleando el uso de las unidades térmicas es importante entender el procedimiento de cálculo y el cálculo computarizado de las unidades de calor (Brown, 2013).

Durante años investigadores han trabajado en prácticas efectivas para entender el crecimiento y desarrollo de especies en diferentes ambientes, aun cuando la genética propia de cada planta tiene un papel importante en cada organismo y fase reproductiva. Se ha encontrado el significado del impacto de las temperaturas sobre los cultivos, cosechas y otros organismos vivos. En general temperaturas altas favorecen al desarrollo mientras que temperaturas bajas pueden retrasar; Esto sin considerar agentes como: estrés por agua, insectos, malezas deficiencia de nutrientes, etc. Los grados días desarrollo (GDD) expresan la diferencia entre la temperatura promedio y la temperatura base en cada especie en particular, normalmente se calculan en dosis diarias para luego ser acumuladas durante un período o número de días establecidos que sean de interés (Payero, 2017).

Es necesario el estudio con esta herramienta dado que permite conocer la duración óptima de cada una de las etapas de desarrollo y la interacción con variaciones climáticas, adicionalmente es una vía para alcanzar niveles máximos productivos (Hoyos, Morales, Chavarría, Montoya, Correa y Jaramillo, 2012).

En la agricultura con fines productivos también se conocen como “Grados días” o “Unidades térmicas” que se calculan de diferentes maneras, Existen algunos métodos para calcular GDD esto depende del tipo de cultivo. Las temperaturas calculadas están generalmente reportadas por una red de estaciones encargadas de brindar información con temperatura mínima (T_{\min}), temperatura máxima (T_{\max}) y temperatura promedio (T_{avg}) que puede ser fácilmente calculada, condicionadas en relación con la temperatura base (T_b) (Payero, 2017)

3. Capítulo III. Metodología

3.1. Materiales y Métodos

Para la realización del estudio se requieren de materiales biológicos, laboratorio, campo y software, que en conjunto conducen a la descripción de la fenología floral del miso.

3.1.1. Material biológico

- Botones florales de miso
- Flores de miso
- Semillas de miso

3.1.2. Material de laboratorio

- Estereoscopio
- Cámara Infinity del estereoscopio
- Lámparas
- Pinzas de laboratorio
- Bisturí

3.1.3. Material digital y soporte

- Computadora
- Eos utility para descarga de fotos
- Software Future WinJoe
- Windows office
- SPSS software estadístico
- Tabla de colores (RHS).

3.1.4. Material de campo

- Cámara fotográfica EOS 1300 Rebel
- Etiquetas plásticas
- Cinta identificadora
- Calibrador pie de rey
- Libro de campo

3.2. Métodos

3.2.1. Ubicación del estudio

Ubicación del estudio y plantación de miso.



Figura 1. Ubicación del lugar de estudio

Adaptado de (Google maps, 2015).

Descripción general del clima en la estación de Investigación experimental “Santa Catalina”

Tabla 2.

Descripción del clima en la estación experimental "Santa Catalina" (INIAP)

Parámetro	Descripción
Altitud	3065 m.s.n.m
Temperatura promedio	12,7°C
Humedad	60%
Precipitación	163 mm por año
Vientos	0,7 m/s
Latitud	78°33'6.19"O
Longitud	00°22'02.91"S

3.2.2. Análisis estadístico:

Los datos del estudio fueron analizados a través de una estadística descriptiva con herramientas que muestran descritas a continuación:

Promedio o media aritmética: Valor característico de una serie de datos o de una población

$$\text{Media (X)} = \frac{X_1, X_1, X_3 \dots X_n}{n}$$

(Ecuación 1)

Dónde:

X= promedio

X1, X2 = conjunto de datos

n= número de observaciones

Rango: permite brindar una idea de la dispersión de los datos de una población.

$$R = X \text{ max} - X \text{ min}$$

(Ecuación 2)

Dónde:

X max= Valor máximo de la serie de datos

X min = Valor mínimo de la serie de datos

Desviación estándar: Cuantifica los datos de una dispersión

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

(Ecuación 3)

Dónde:

\sum = Sumatoria

x_i = observación de la muestra

\bar{x} = promedio

n = tamaño de la muestra

Varianza: identifica los promedios de cada desviación de una variable de manera aleatoria.

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

(Ecuación 4)

Dónde:

\sum = Sumatoria

x_i = observación de la muestra

\bar{x} = promedio

n = tamaño de la muestra

Coefficiente de variación (%): Obtiene una referencia entre el tamaño del promedio y la variabilidad de la variable.

$$Cv = \frac{\sigma}{|\bar{x}|}$$

(Ecuación 5)

Dónde:

σ = desviación estándar

\bar{x} = promedio

3.3.3. Variables

Las variables tomadas para el seguimiento del estudio se muestran a continuación.

Yema latente. - Se tomaron medidas del largo, ancho y espesor o largo de la estructura floral de las yemas latentes de las ramas primaria, secundaria y terciaria.

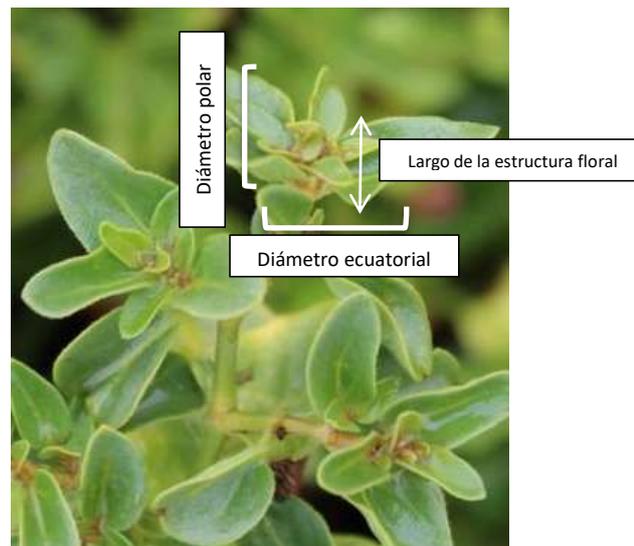


Figura 2.

Seguimiento de la medida de los diferentes ángulos.

Botón floral de las ramas primarias, secundarias y terciarias (mm). - Se tomaron medidas ancho, largo y profundidad del botón.

Inicio de la formación de pétalos en las ramas primarias, secundarias y terciarias. - Se tomaron medidas de largo, ancho y profundidad y su color según la tabla de colores.

Inicio de floración - Se registró cuando se obtuvieron el 10% de las flores abiertas de las ramas primarias, secundarias y terciarias. Se cuantificó el largo, ancho de la flor.

Floración. - Se tomaron medidas de largo, ancho y la medida del peciolo desde la base de la flor hasta la ramificación de cada una. Desde el 20% al 80% de floración, largo, ancho y profundidad del racimo floral.

Fin de floración. - Se registraron medidas de largo, ancho y profundidad cuando finalizó la floración; es decir el momento que se presentó el marchitamiento de las flores.

Las etapas de crecimiento de las diferentes fases fenológicas se registraron en Unidades térmicas acumuladas siguiendo la siguiente metodología.

Unidades térmicas o grados días desarrollo. - Para el cálculo de las unidades térmicas o de calor al igual que los grados días desarrollo se empleó la fórmula que se muestra a continuación, la estación meteorológica del INIAP facilitó la información sobre las temperaturas durante el estudio que permitió estimar las unidades térmicas acumuladas.

$$\text{Unidades Térmicas} = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_b$$

(Ecuación 7)

Dónde:

T_{\max} = Temperatura máxima

T_{\min} = Temperatura mínima

T_b = Temperatura base del cultivo referente a la papa: 10°C (Flores, Flores-Gallardo, Ojeda, 2014. pp. 1-9)

3.3.4. Manejo del experimento

Se tomaron muestras debidamente identificadas con etiquetas en el cultivo de miso *in situ* en las instalaciones de INIAP. La población fue de 42 muestras se registró información desde el inicio de primer botón floral hasta la formación del fruto.

La toma de datos se realizó una vez por semana cuya información se almacenó en el libro de campo con las medidas correspondientes brindadas por el dispositivo digital pie de rey. Se documentó cada cambio visual con el empleo de fotografías debidamente clasificadas en dos ángulos por cada muestra. Con la ayuda de la tabla de colores se determinó el color de cada etapa fenológica de la flor y el fruto. Se tomó una inflorescencia por planta, donde aleatoriamente se identificó las flores primarias aquellas que emergen del tallo

principal, secundarias aquellas que se derivan del tallo principal y terciarias aquellas que se diferencian de ramas arbustivas que se derivan del tallo principal. Para determinar el porcentaje de floración se realizó por el número de flores abiertas por cada racimo.

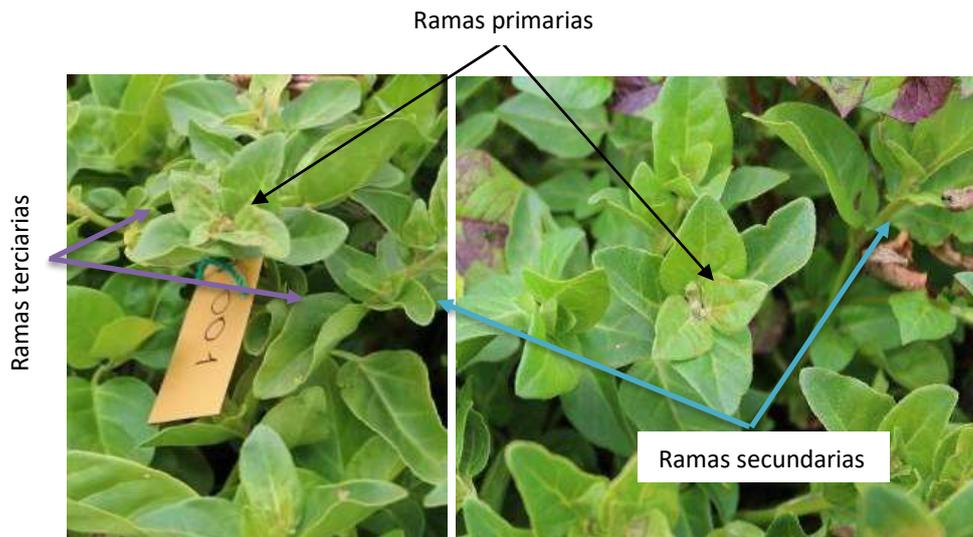


Figura 3. Ubicación de las inflorescencias primarias, secundarias y terciarias.

Tiempo después se recogió muestras que presentaron claramente los diferentes cambios fenológicos y se llevaron al laboratorio donde se utilizó el estéreo microscopio para determinar cambios microscópicos con los diferentes aumentos del estereoscopio; allí se realizaron diferentes cortes para la identificación de partes de la flor y la apreciación de la semilla botánica.

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en la estación experimental “Santa Catalina” guarda protocolos para cada cultivo, siguiendo esos pasos el equipo encargado de las labores culturales indican haber realizado actividades preliminares en el suelo para su preparación, dos pases de rastra, aplicación de materia orgánica a razón de 3kg por cada metro cuadrado, los surcos realizados en 1,20 metros de separación con 10 metros de largo de cada uno. Durante la siembra se colocó 2kg de materia orgánica por cada metro cuadrado con fertilizante de 18,56, 0 (N, P, K). En época lluviosa se registra la siembra, octubre 2016. La siembra se realiza por medio de semilla botánica.

Los controles fitosanitarios, con frecuencia de cada dos meses, se realizan mediante fertilización foliar: Custom (6P+ 6 A 3) y Florigreen para desarrollo.

4. Capítulo IV. Resultados

4.1. Cambios fenológicos de la etapa floral

Los cambios fenológicos de las ramas primarias se muestran en la figura 4 representando al diámetro polar, desde yema latente hasta fin de la floración, en ella se aprecia las diferentes etapas fenológicas con sus respectivos estadios fenológicos de acuerdo con la BBCH. El estadio 5 corresponde a emergencia de la inflorescencia (tallo principal) / espigamiento y el estadio 6 a la Floración.

4.1.1. Fases fenológicas de las ramas primarias

En la figura 4 se presentan los diámetros y las unidades térmicas acumuladas que responden a la etapa reproductiva de miso la misma que tiene una duración de alrededor de 200 días. Durante este período la etapa yema latente tiene un tamaño de 0,72 mm de longitud y cuando esta ha llegado al fin de la floración, estas estructuras tienen 6.1mm, para esto la planta debe acumular más de 500 unidades térmicas.

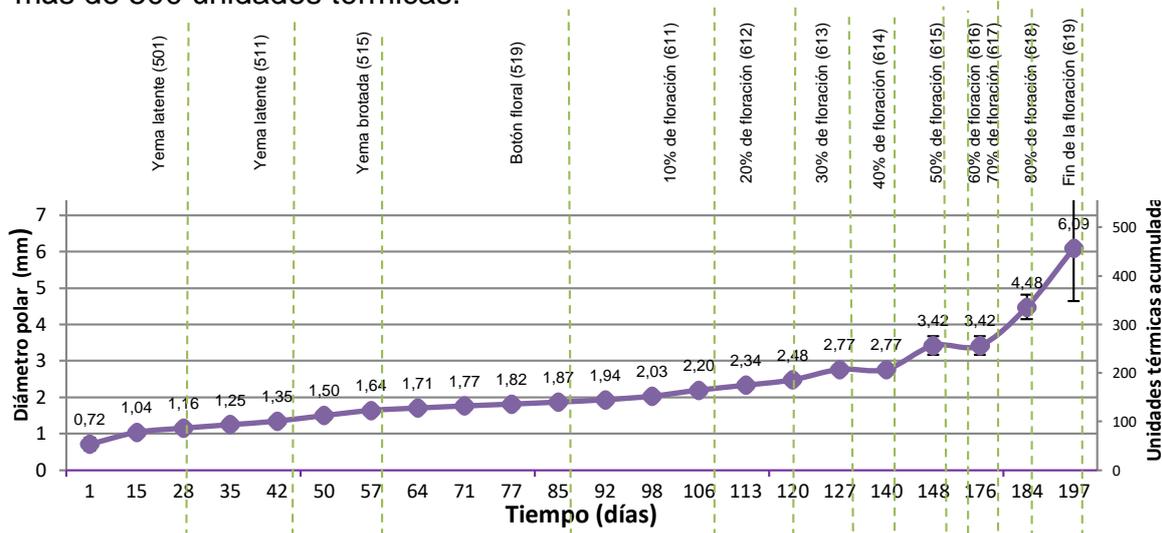


Figura 4. Diámetro polar de las diferentes fases fenológicas de las ramas primarias del cultivo de miso, 2018 (n=42).

El análisis de la estadística descriptiva del diámetro polar de las diferentes fases fenológicas que se presentan en las ramas primarias, del cultivo de miso, refleja que el promedio todas las fases fenológicas de la floración de 2,33 milímetros. El coeficiente de variación (0,62) indica poca variabilidad del

diámetro polar en este estudio, adicionalmente la desviación estándar de 1,21 indica que hay un rango muy amplio para esta característica, que comienza esta fase reproductiva de 0,7 hasta alrededor de 6,1.

Tabla 3.

Análisis de estadística descriptiva del diámetro polar de las ramas primarias (mm).

Estadístico descriptivo	Resultados (mm)
Media	2,33
Mediana	1,94
Moda	2,78
Desviación estándar	1,21
Varianza de la muestra	1,46
Coefficiente de variación	0,62
Rango	5,04
Mínimo	1,04
Máximo	6,09
Nivel de confianza (95,0%)	0,55

En cuanto los cambios fenológicos de las ramas primarias específicamente del diámetro ecuatorial se muestran en la siguiente figura con sus respectivos mesoestadios. Las líneas verdes delimitan el inicio y terminación de cada mesoestadio, por su parte en la sección derecha de la figura 5 se ubican las unidades térmicas acumuladas de cada estadio correspondiente a la etapa floral. Para esta característica fenológica, las yemas latentes tienen un ancho de 0,4 mm, que es casi la mitad de largo que presenta en esta fase, mientras que las flores alcanzan un ancho de 4,6 mm. Para esta fase al igual que el diámetro, la planta debió acumular más allá de 500 unidades térmicas, que ocurrió en 200 días aproximadamente.

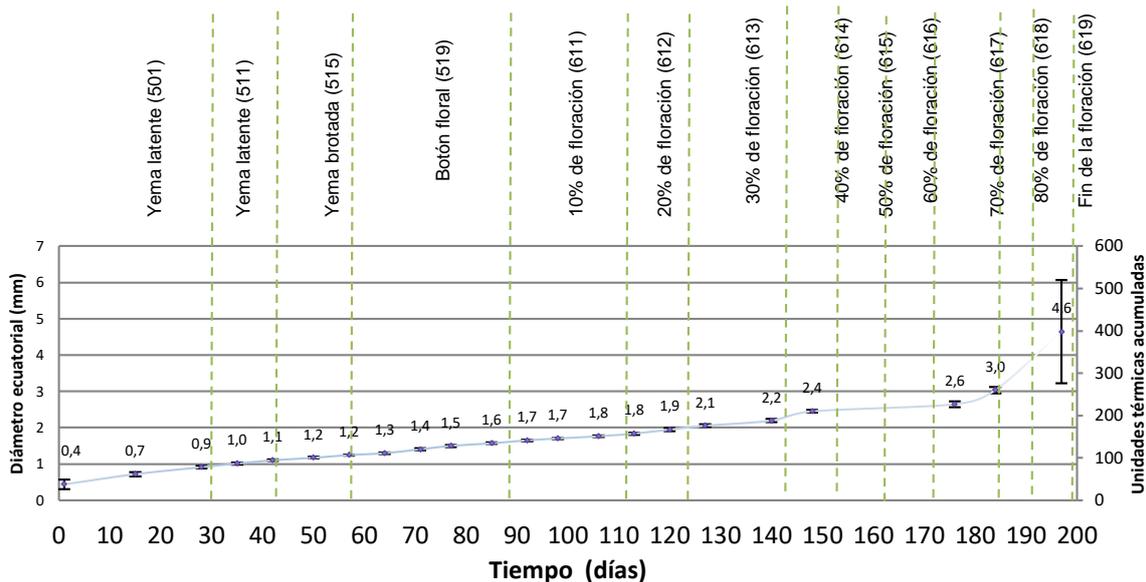


Figura 5. Diámetro ecuatorial de las diferentes fases fenológicas de las ramas primarias del cultivo de miso, 2018 (n=42).

El análisis de la estadística descriptiva del diámetro ecuatorial de la fase reproductiva en las ramas primarias refleja que el promedio de toda la etapa floral es 1,74 milímetros, un valor menor que el registrado para el largo promedio de esta etapa. Al igual que el diámetro polar, el coeficiente de variación cercano 0,52 indica una mediana variación y el rango fueron muy similares.

Tabla 4.

Análisis de estadística descriptiva de las ramas primarias del diámetro ecuatorial (mm)

Estadístico descriptivo	Resultados (mm)
Media	1,74
Mediana	1,61
Moda	1,70
Desviación estándar	0,90
Varianza de la muestra	0,81
Coefficiente de variación	0,52
Rango	4,20
Mínimo	0,17
Máximo	6,01
Nivel de confianza(95,0%)	0,40

El espesor de la estructura floral es mínimo como se puede observar en la figura 6, esto se debe a que existe un mayor desarrollo y crecimiento de las estructuras en lo que respecta a largo y ancho antes que en espesor, iniciando en 0,1 mm y finalizando con 4 mm.

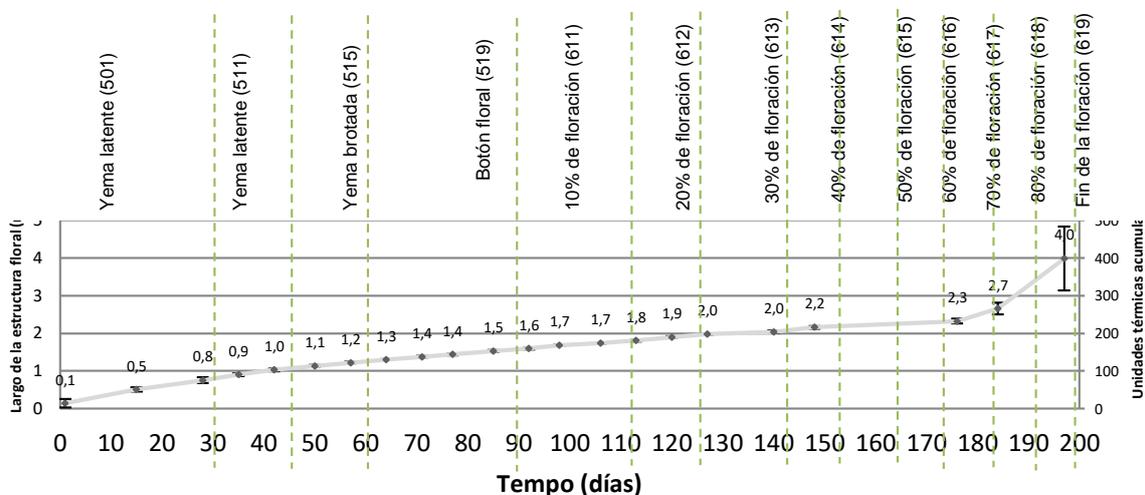


Figura 6. Estadios fenológicos de las ramas primarias del largo de la estructura floral, 2018 (n=42).

El análisis de la estadística descriptiva del espesor de las estructuras florales de las ramas primarias refleja una tendencia similar a la de las dos características mencionadas anteriormente.

Tabla 5.

Análisis de estadística descriptiva del espesor de la estructura floral de las ramas primarias (mm).

Estadística descriptiva	Resultados (mm)
Media	1,60
Mediana	1,56
Moda	1,70
Desviación estándar	0,80
Varianza de la muestra	0,64
Coefficiente de variación	0,50
Rango	3,84
Mínimo	0,03
Máximo	4,93
Nivel de confianza(95,0%)	0,36

La relación entre unidades térmicas acumuladas y los días exactos de duración de cada mesoestadio según la BBCH, se presentan en la tabla 6:

Con la codificación de tres dígitos, el primer número representa el estadio general en este caso desarrollo meristemático (5) y floración (6), el segundo dígito de la rama; en este estudio se han denominado rama primaria, secundaria y terciaria. El tercer dígito significa el mesoestadio específico dentro de cada estadio principal, por ejemplo 10% de floración o fin de floración. Las unidades térmicas acumuladas corresponden a las temperaturas acumuladas para el desarrollo y cambio de cada estadio.

Tabla 6.

Unidades térmicas acumuladas en las diferentes fases fenológicas del cultivo de miso de las inflorescencias primarias.

Fase fenológica	BBCH	Temperatura promedio (°C)	Unidades térmicas acumuladas (UTA)	Tiempo (días)
501	Desarrollo meristemático primario	12,1	65,3	30
511	Inflorescencia primaria hasta 1-2 mm	12,32	102,5	46
515	Botones de la inflorescencia primaria hasta 5 mm	12,44	139,9	61
519	Primeros pétalos de la inflorescencia primaria	13,12	230	90
611	10% de las flores abiertas de la inflorescencia primaria	12,44	284,8	112
612	20% de las flores abiertas de la inflorescencia primaria	13,43	329,4	125
613	30% de las flores abiertas de la inflorescencia primaria	12,35	367,1	141
614	40% de las flores abiertas de la inflorescencia primaria	12,78	394,9	151
615	50% de las flores abiertas	12,88	426,6	162

	de la inflorescencia primaria			
616	60% de las flores abiertas de la inflorescencia primaria	13,34	460,1	172
617	70% de las flores abiertas de la inflorescencia primaria	13	487,1	181
618	80% de las flores abiertas de la inflorescencia primaria	11,53	499,4	189
619	Fin de la floración	12,04	519,8	199

4.1.2. Fases fenológicas de las ramas secundarias

Las ramas secundarias con aquellas provienen de las de la primera ramificación de los tallos principales del cultivo de miso, a continuación, se detalla su crecimiento y cambio de estadio por la variación meristemo.

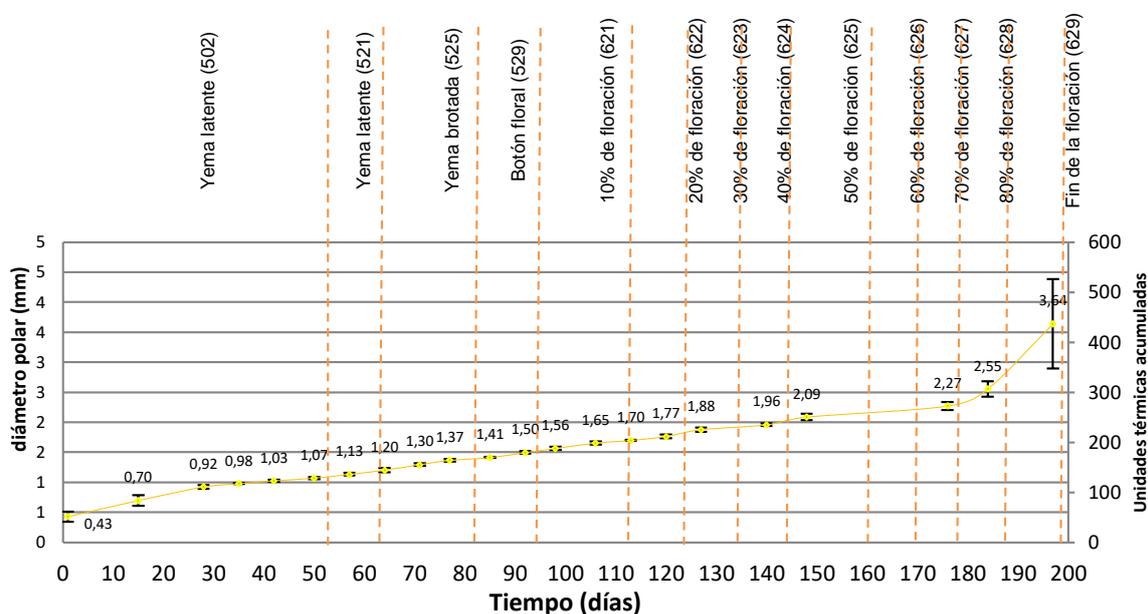


Figura 7. Estadios fenológicos de las ramas secundarias del diámetro polar, 2018 INIAP (n=42).

El análisis de la estadística descriptiva del diámetro polar de diferentes fases fenológicas que presentan las ramas secundarias, del cultivo de miso, refleja que el promedio de los datos de toda la etapa floral es 1,55 milímetros. El coeficiente de variación (0,45) indica poca variabilidad del diámetro polar en

este estudio, adicionalmente la desviación estándar de 0,70 indica que hay un rango estrecho para esta característica, dado que comienza esta fase reproductiva en 0,4 hasta 3,7 mm.

Tabla 7.

Análisis de estadística descriptiva de las ramas secundarias del diámetro polar (mm).

Estadística Descriptiva	Resultados (mm)
Media	1,55
Mediana	1,45
Moda	0,98
Desviación estándar	0,70
Varianza de la muestra	0,48
Coefficiente de variación	0,45
Rango	3,21
Mínimo	0,30
Máximo	5,45
Nivel de confianza(95,0%)	0,31

Los cambios fenológicos de las ramas secundarios desde la presencia de la yema latente hasta el final de la floración, se muestran en la figura 8, con sus respectivos mesoestadios respecto al diámetro ecuatorial. Las líneas naranjas delimitan el inicio y finalización de cada mesoestadio de las ramas secundarias.

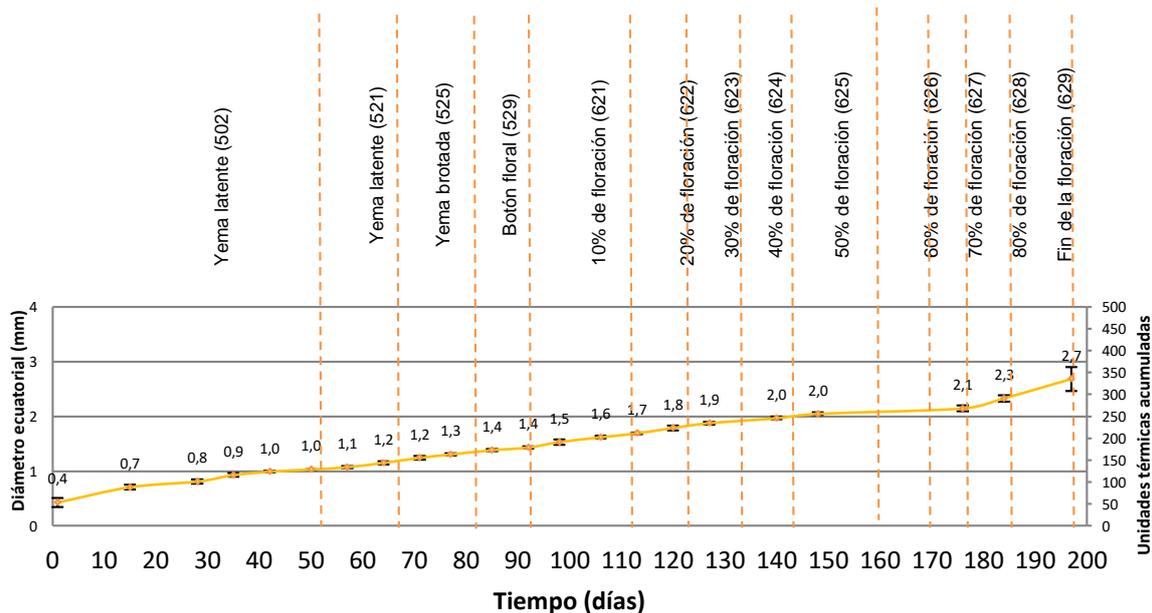


Figura 8. Estadios fenológicos de las ramas secundarias del diámetro ecuatorial, 2018 INIAP (n=42).

El análisis de la estadística descriptiva del diámetro ecuatorial de diferentes fases fenológicas que presentan las ramas secundarias, del cultivo de miso, refleja que el promedio de los datos de toda la etapa floral es 1,46 milímetros. El coeficiente de variación (0,22) indica poca variabilidad del diámetro polar en este estudio, adicionalmente la desviación estándar de 0,57 indica que hay un rango estrecho para esta característica, dado que comienza esta fase reproductiva en 0,4 hasta 2,7 mm.

Tabla 8.

Análisis estadístico de las ramas secundarias del diámetro ecuatorial.

Estadística descriptiva	Resultados (mm)
Media	1,46
Mediana	1,41
Moda	0,98
Desviación estándar	0,57
Varianza de la muestra	0,32
Coefficiente de variación	0,22
Rango	2,25
Mínimo	0,21
Máximo	2,98
Nivel de confianza(95,0%)	0,25

El largo de la estructura floral expresada como una concavidad de la flor o como el espesor de la flor. Las flores provenientes de las ramas secundarias presentan un menor diámetro polar y ecuatorial en comparación con a las provenientes por las ramas primarias, es posible que esto sea una característica propia de este cultivo.

El ovario donde se formará la semilla ocupa el mayor espacio por ello un menor diámetro en cuanto al largo de la estructura floral, en su interior se encuentra la semilla la cual es pequeña y no sobre pasa los 2 milímetros de diámetro. Las líneas naranjas representan el inicio y finalización de cada estadio indicado en la parte superior desde el 502 hasta 629 como lo indica la

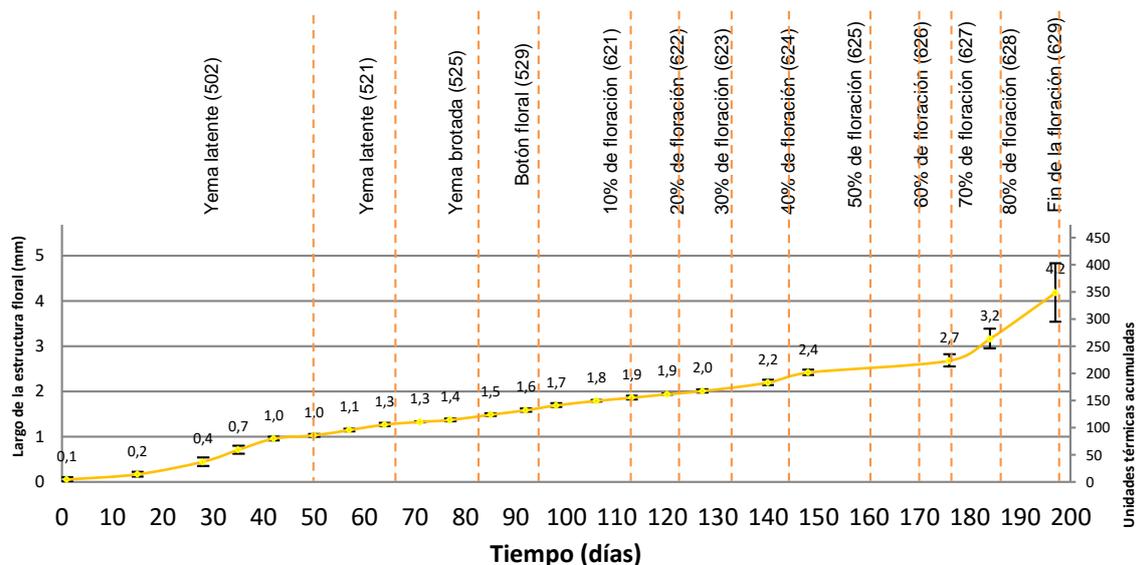


Figura 9. Estadios fenológicos de las inflorescencias secundarias en cuanto al largo de la estructura floral, 2018 INIAP (n=42).

Las unidades térmicas acumuladas se encuentran calculadas por cada estadio y la temperatura promedio hallada en la duración de cada fase clasificada según la BBCH. Las primeras etapas de yema latente 502 y 521 demoran más en las yemas provenientes de ramas secundarias que las provenientes de ramas primarias, su desarrollo es progresivo, pero son sensibles a cambios bruscos de temperaturas.

Tabla 9.

Unidades de calor acumuladas en las diferentes fases fenológicas del cultivo de miso de las ramas secundarias

Fase fenológica	Descripción BBCH	Temperatura promedio (°C)	Unidades térmicas acumuladas (UTA)	Tiempo (días)
502	Desarrollo meristemático primario	12,3	119,2	52
521	Inflorescencia primaria hasta 1-2 mm	12,38	155,1	67
525	Botones de la inflorescencia primaria hasta 5 mm	13,1	199,1	81
529	Primeros pétalos de la inflorescencia secundaria	13,3	245,5	95
621	10% de las flores abiertas de la inflorescencia secundaria	12,1	280,1	111
622	20% de las flores abiertas de la inflorescencia secundaria	13,6	320,6	122
623	30% de las flores abiertas de la inflorescencia secundaria	12,4	345,2	132
624	40% de las flores abiertas de la inflorescencia secundaria	12,5	373,7	143
625	50% de las flores abiertas de la inflorescencia secundaria	12,6	418,6	160
626	60% de las flores abiertas de la inflorescencia primaria	13,5	453,8	170
627	70% de las flores abiertas de la inflorescencia secundaria	13,4	481,3	178
628	80% de las flores abiertas de la inflorescencia secundaria	11,7	496,6	187
629	Fin de la floración	11,9	519,8	199

4.1.3. Fases fenológicas de las ramas terciarias

Los cambios fenológicos de las ramas terciarias se muestran en la siguiente figura, en la parte superior de la figura están descritos los mesoestadios correspondientes separados por líneas rosadas.

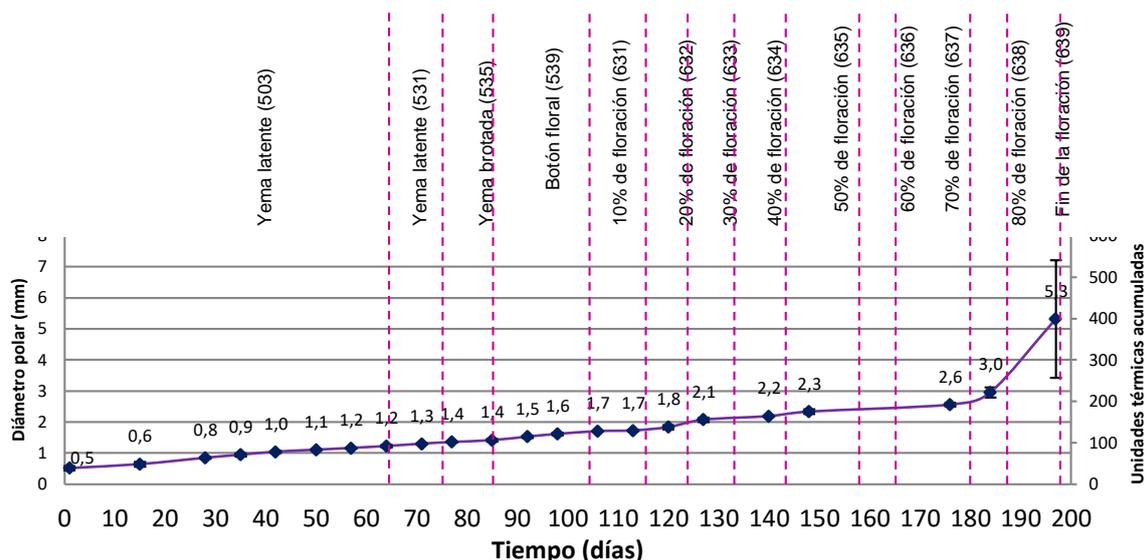


Figura 10. Estadios fenológicos del diámetro polar de las ramas terciarias, 2018 INIAP (n=42).

El análisis de la estadística descriptiva del diámetro polar de diferentes fases fenológicas que presentan las ramas terciarias, del cultivo de miso, refleja que el promedio de los datos de toda la etapa floral es 1,93 milímetros. El coeficiente de variación (0,63) indica poca variabilidad del diámetro polar en este estudio, adicionalmente la desviación estándar de 1,22 indica que hay un rango estrecho para esta característica, dado que comienza esta fase reproductiva en 0,5 hasta alrededor de 5,3 mm.

Tabla 10.

Análisis estadístico del diámetro polar de las ramas terciarias (mm)

Estadística descriptiva	Resultados (mm)
Media	1,93
Mediana	1,53
Moda	1,71
Desviación estándar	1,22
Varianza de la muestra	1,49
Coefficiente de variación	0,63
Rango	4,85
Mínimo	0,46
Máximo	7,1
Nivel de confianza (95,0%)	0,54

El diámetro ecuatorial de cada estructura sigue un crecimiento progresivo como se muestra a continuación. Los cambios fenológicos de las ramas terciarias se muestran en la siguiente figura, en la parte superior de la figura están descritos los mesoestadios correspondientes separados por líneas rosadas.

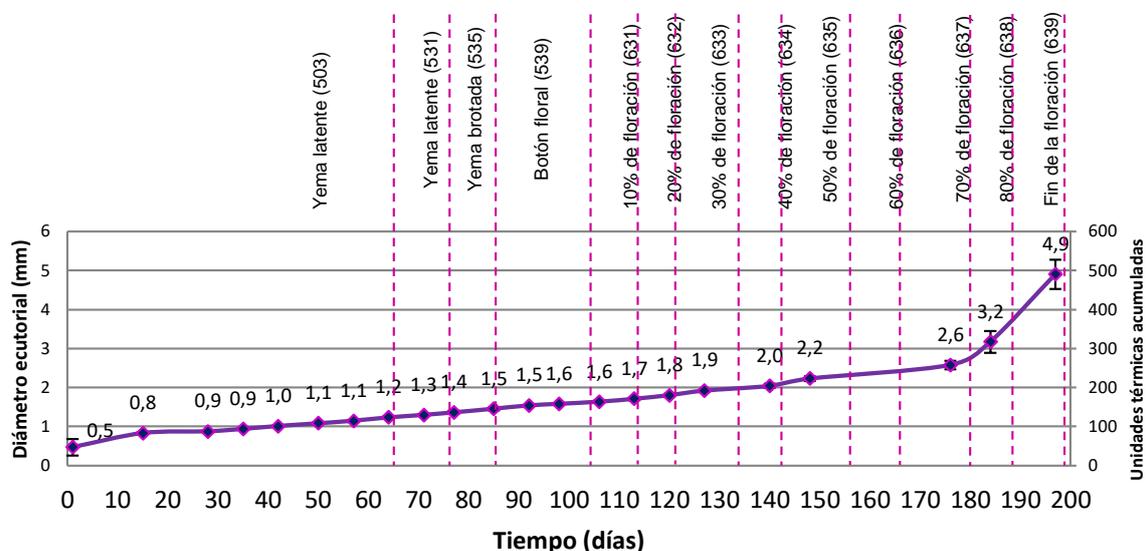


Figura 12. Estadios fenológicos de las ramas terciarias del diámetro ecuatorial, 2018 INIAP (n= 42)

El análisis de la estadística descriptiva del diámetro ecuatorial de diferentes fases fenológicas que presentan las ramas terciarias, del cultivo de miso, refleja que el promedio de los datos de toda la etapa floral es 1,93 milímetros. El coeficiente de variación (0,63) indica poca variabilidad del diámetro polar en este estudio, adicionalmente la desviación estándar de 1,22 indica que hay un rango estrecho para esta característica, dado que comienza esta fase reproductiva en 0,5 hasta alrededor de 4,9 mm.

Tabla 11.

Análisis estadístico de las inflorescencias terciarias respecto al diámetro ecuatorial (mm).

Estadística Descriptiva	Resultados (mm)
Media	1,93
Mediana	1,53
Moda	1,02

Desviación estándar	1,22
Varianza de la muestra	1,49
Coefficiente de asimetría	0,63
Rango	4,85
Mínimo	0,46
Máximo	5,31
Nivel de confianza(95,0%)	0,54

El espesor de la estructura floral. Las líneas rosadas delimitan los estadios expresados en la parte superior. Las flores provenientes de las inflorescencias terciarias presentan un menor diámetro polar que ecuatorial en comparación a las provenientes de las ramas primarias y terciarias, desde luego el porcentaje de floración es bajo y lento; pues se aprecia una alta susceptibilidad en esta etapa floral ante cualquier cambio climático se presentan alteraciones que desencadenan consecuencias desfavorables para los cambios posteriores.

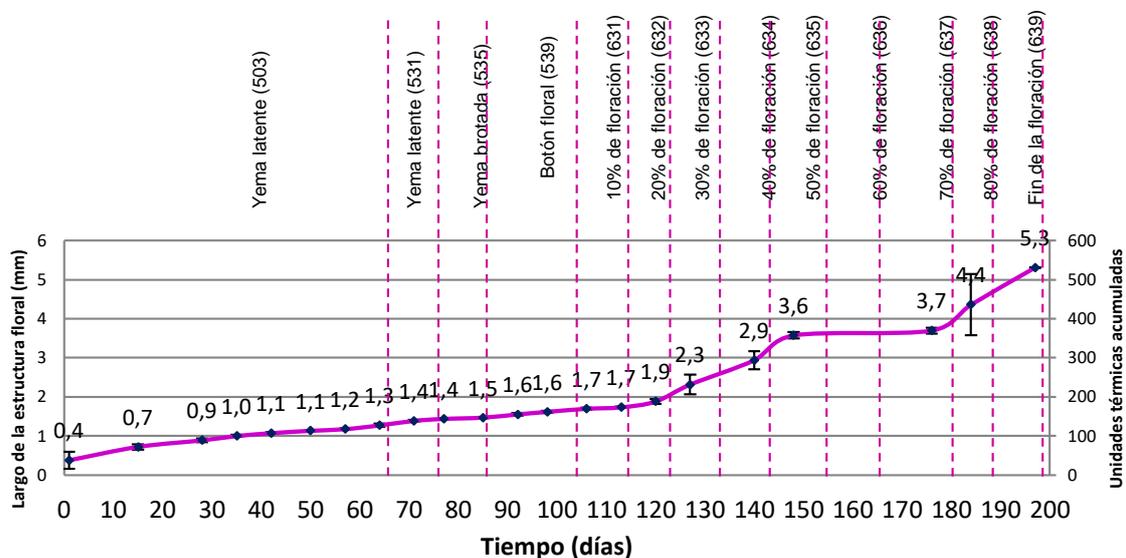


Figura 13. Estadios fenológicos de las ramas terciarias respecto a largo de la estructura floral, 2018 INIAP (n=42).

El análisis de la estadística descriptiva del espesor de la estructura floral de diferentes fases fenológicas que presentan las ramas terciarias, del cultivo de miso, refleja que el promedio de los datos de toda la etapa floral es 1,93 milímetros. El coeficiente de variación (0,63) indica poca variabilidad del diámetro polar en este estudio, adicionalmente la desviación estándar de 1,22

indica que hay un rango estrecho para esta característica, dado que comienza esta fase reproductiva en 0,4 hasta alrededor de 5,3 mm.

Tabla 12.

Análisis estadístico de largo de la estructura floral de las ramas terciarias (mm).

Estadístico descriptiva	Resultados (mm)
Media	1,93
Mediana	1,53
Moda	5,31
Desviación estándar	1,22
Varianza de la muestra	1,49
Coefficiente de variación	0,63
Rango	4,85
Mínimo	0,12
Máximo	5,31
Nivel de confianza (95,0%)	0,54

Las unidades térmicas acumuladas se encuentran calculadas por cada estadio y la temperatura promedio hallada en la duración de cada fase clasificada según la BBCH. Las primeras etapas de yema latente 503 y 531 demoran más en las yemas provenientes de ramas terciarias que en las provenientes de ramas primarias y secundarias, su desarrollo es progresivo sin embargo existe un alto porcentaje de marchitamiento precoz, esto también se puede atribuir a cambios de clima brusco.

Tabla 13.

Unidades de calor acumuladas en las diferentes fases fenológicas del cultivo de miso de las inflorescencias terciarias

Fase fenológica	Descripción BBCH	Temperatura promedio	Unidades térmicas acumuladas (UTA)	Tiempo (días)
503	Desarrollo meristemático primario	12,3	151	66
531	Inflorescencia primaria hasta 1-2 mm	13,2	182,5	76
535	Botones de la inflorescencia primaria	13,5	221,6	87

hasta 5 mm				
539	Primeros pétalos de la inflorescencia terciaria	12,7	269,8	105
631	10% de las flores abiertas de la inflorescencia terciaria	12,1	291,8	115
632	20% de las flores abiertas de la inflorescencia terciaria	14,1	320,6	122
633	30% de las flores abiertas de la inflorescencia primaria	12,5	345,2	132
634	40% de las flores abiertas de la inflorescencia terciaria	12,5	370,4	142
635	50% de las flores abiertas de la inflorescencia terciaria	12,6	409,4	157
636	60% de las flores abiertas de la inflorescencia terciaria	13,5	447,4	168
637	70% de las flores abiertas de la inflorescencia terciaria	13,1	485,1	180
638	80% de las flores abiertas de la inflorescencia terciaria	11,6	499,5	189
639	Fin de la floración	12	519,8	199

5. Capítulo V. Discusión

5.1. Fenología floral y la vía de la auxina

Cada órgano de la planta se encuentra desarrollado a partir de un tejido meristemático que sufre transformaciones a nivel celular por divisiones mitóticas que la flor como la parte reproductiva. Adicionalmente, una flor podría considerarse como una porción del tallo modificado, generalmente el meristemo apical se modifica para convertirse en un meristemo floral el mismo que llega a formar en una inflorescencia, partiendo de ella forman las flores posteriormente se convierten en células maduras y el meristemo desaparecerá. La estructura que une la flor con el tallo, cuando un grupo de flores están contenidas en un racimo, se denomina pedicelo. Los eventos siguientes del ciclo floral hasta el inicio de la formación de la semilla botánica corresponden a

los procesos de gametogénesis y espermatogénesis (Megías, Molist, Pombal, 2018).

Las inflorescencias muestran una distribución en función del espacio y tiempo, esta arquitectura se encuentra influenciada por el porcentaje de flores fecundadas; es decir la relación entre el ambiente, insectos polinizadores, organismos bióticos y abióticos (Zhi Wei, Shiyong, Yong- Qiang, Jie y Hao, 2013). En otros estudios aplicados a plantas del género *Mirabilis*, se determinó que las flores son un pequeño grupo clasificado como intermedio entre las angiospermas y gimnospermas que producen semilla. Algunos investigadores lo califican como un evento testigo de la evolución del reino vegetal (Di Salvatore, Carafa, Carratú, 2013).

Las flores de miso se consideran flores polígamas dioicas y criptostemonas por los estambres ubicados dentro de la corola, se considera una cima dicotómica debido a que el tallo principal termina en una flor y las ramas arbustivas de más abajo desarrollan dos ramas una frente a otra terminando en una flor que se compone por un racimo floral, que poco a poco se diferencian y terminan por formar varios pedicelos por cada flor (Huaranca, 2010).

Las flores obtienen una gran diversidad y patrones de ramificación. Se establecen por los meristemos convertidos en inflorescencias y meristemos de mantenimiento con la terminación floral, además la arquitectura está determinada genéticamente por los alelos “yy” homocigotos (López, 2013) También se encuentra afectado por la auxina y sustancias reguladoras del tejido meristemático reproductivo.

Después de la fase embrionaria los meristemos apicales que generan partes aéreas y tubérculos, por su parte los brotes apicales darán el origen a todas las partes aéreas como hojas, flores y frutos. Sin embargo, en la etapa floral el meristemo de brote se transforma en meristemo principal y permanece a expensas del número máximo de flores; es decir espera el momento de detener su división celular, hasta que hayan aparecido todas las inflorescencias, posteriormente cuando las condiciones ambientales se aproximan a las

óptimas para el cultivo, incidencia en la etapa reproductiva de manera; exitosa adicionalmente está fuertemente ligados a insectos polinizadores y el viento (Zhi Wei., et al, 2013). Un síntoma de la floración en el miso es la caída de las hojas del tallo, posterior a ello presenta la formación de un racimo floral, además el tallo se vuelve esbelto y la presencia de hojas son escasas.

Existen tres tipos de flores en el miso que según su ubicación se encuentran afectadas por los meristemas ya nombrados. Los principales crecen indefinidamente dando lugar a varias ramas con inflorescencias bajo un patrón definido, a diferencia de los meristemas secundarios que se derivan de los principales y pueden generar un nuevo meristemo limitado que termina en una flor.

A su vez los tipos de inflorescencia primaria, secundaria, terciaria, etc. como lo indica la BBCH (Hack et al, 1993) originados por un meristemo apical principal, cada uno de ellos se encuentra manipulado por meristemas: mopodial que se fabrican en los tallos principales y sympodial que continúan su crecimiento a partir de las axilas de las hojas más jóvenes. Cuando se forma la flor en función del tiempo depende de la vía que haya tomado la auxina para presencia de ella (Zhi Wei., et al, 2013). Es allí porque las flores del cultivo son menores y más susceptibles a marchitarse que las inflorescencias primarias provenientes del meristemo apical principal.

Los cambios fenológicos se aprecian mejor de manera visual, pues existen cambios ópticos dentro de un mismo mesoestadio; es importante diferenciarlos, por tal motivo se representa en una colección fotográfica diferentes ángulos y vistas microscópicas de la fenología floral del miso.

5.2. Colección fotográfica de la etapa floral del miso

El estado de la Yema latente según la escala BBCH correspondiente al estado fenológico 501, calificado así por la emergencia del tallo principal de la planta. (A y B). Vista microscópica de la yema latente deshojada. (C). Yema hinchada del tallo principal de la planta. Estadio fenológico según BBCH 511. (D y E). Yema hinchada con corte sagital, vista al microscopio. (F). Fase final de la yema hinchada (yema brotada). Estadio fenológico según BBCH 521 debido a que corresponde a la segunda

posible inflorescencia de la planta. (G y H). Vista microscópica del final de la yema hinchada. (I)

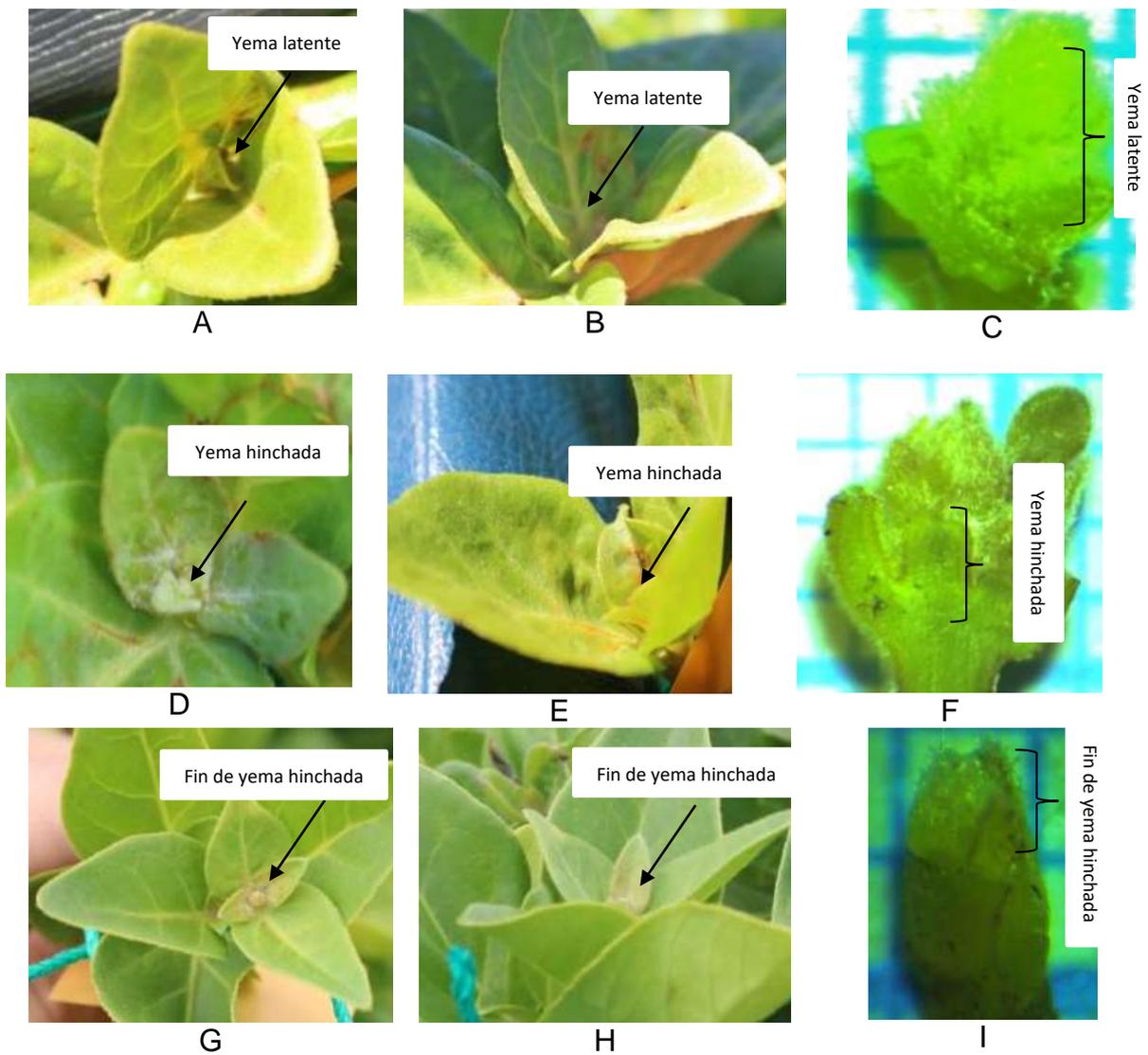


Figura 14. Cambios de la yema latente a yema hinchada

Formación del botón floral, diferenciación en varios botones, las hojas cercanas al botón se caen, su color se vuelve café- rojizo. (J y K). Vista microscópica de dos botones florales. (L). Comienzo de la formación del futuro racimo floral. (M y N). Vista microscópica, futuro racimo floral descubierto. 3 futuros racimos con flores en su diferenciación. (O).

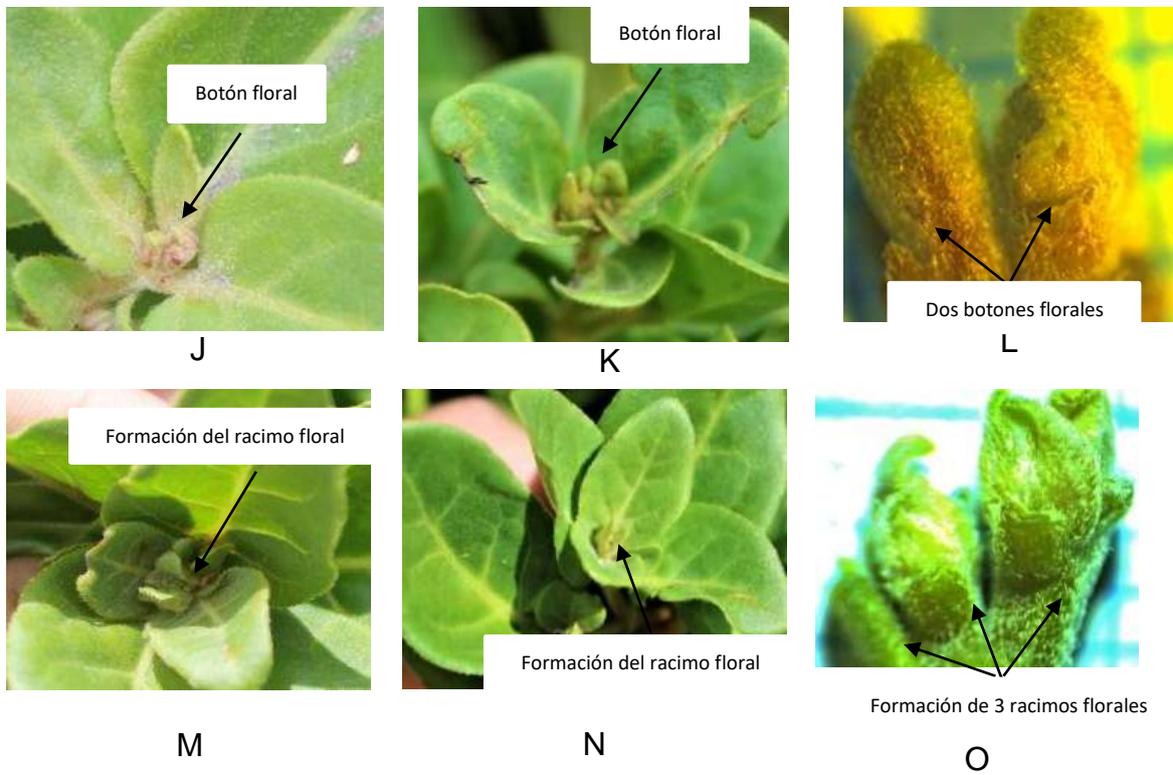


Figura 15. Formación del botón floral y sus cambios en las ramas primarias

Diferenciación de los racimos florales, cuya cara posterior las hojas se tornan de color morado oscuro. (P y Q). Vista microscópica de un racimo floral. (R). Emergencia de inflorescencias terciarias, con flores cerradas, el color de la punta se asemeja aun mostaza. (T y U). Vista microscópica de las flores sin hojas cubiertas por los sépalos. (V).

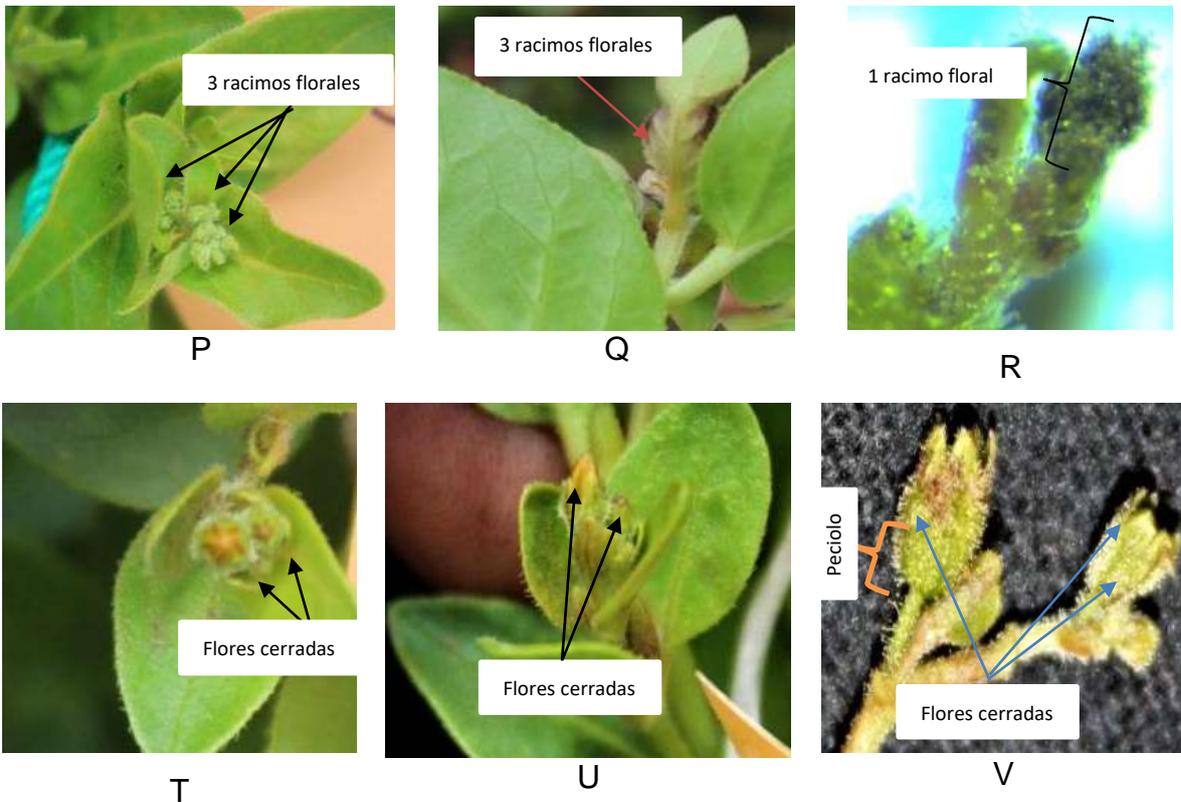


Figura 16. Formación del racimo floral y flores cerradas

Flor cerrada, sus hojas que la rodeaban se han caído. La punta de la flor es blanca. (W y X). Vista microscópica de la flor, encapsulada en los sépalos. (Y). 10% de floración. La flor abierta con pétalos de color blanco. (Z y AA). Vista al microscopio de la flor con sus partes desarrolladas (AB). 20% de floración (AC) 50% de la floración (AD). Flor cerrando sus pétalos dando lugar a la formación del fruto dentro del ovario (AE).

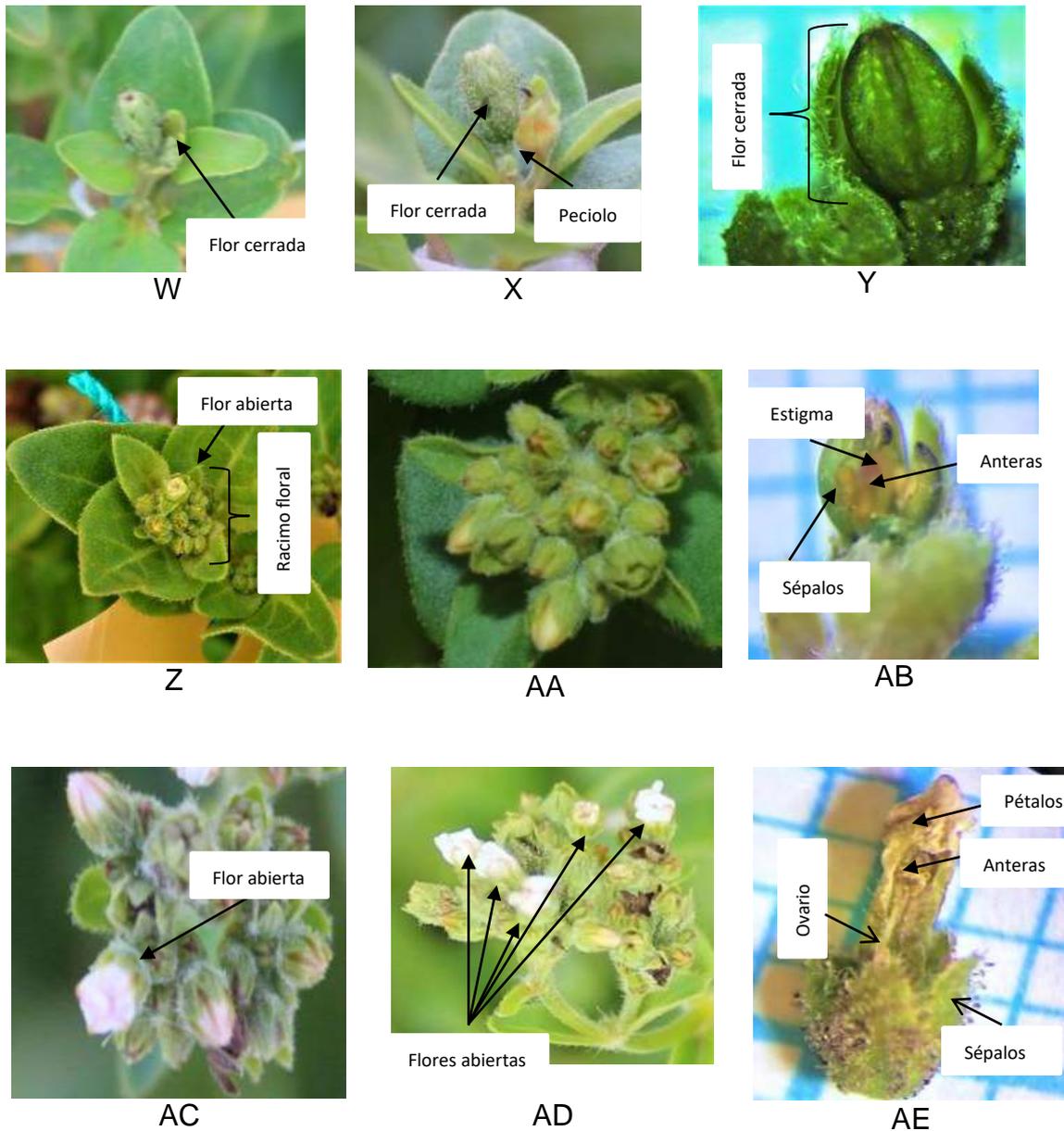


Figura 17. Formación y desarrollo de la flor y del racimo floral

Formación de la semilla botánica (AF). Separación de cada flor para formar el fruto (AG y AH). Fruto cubierto por los sépalos (AI). Fruto desnudo (AJ). Vista microscópica. Corte sagital de la semilla (AK)

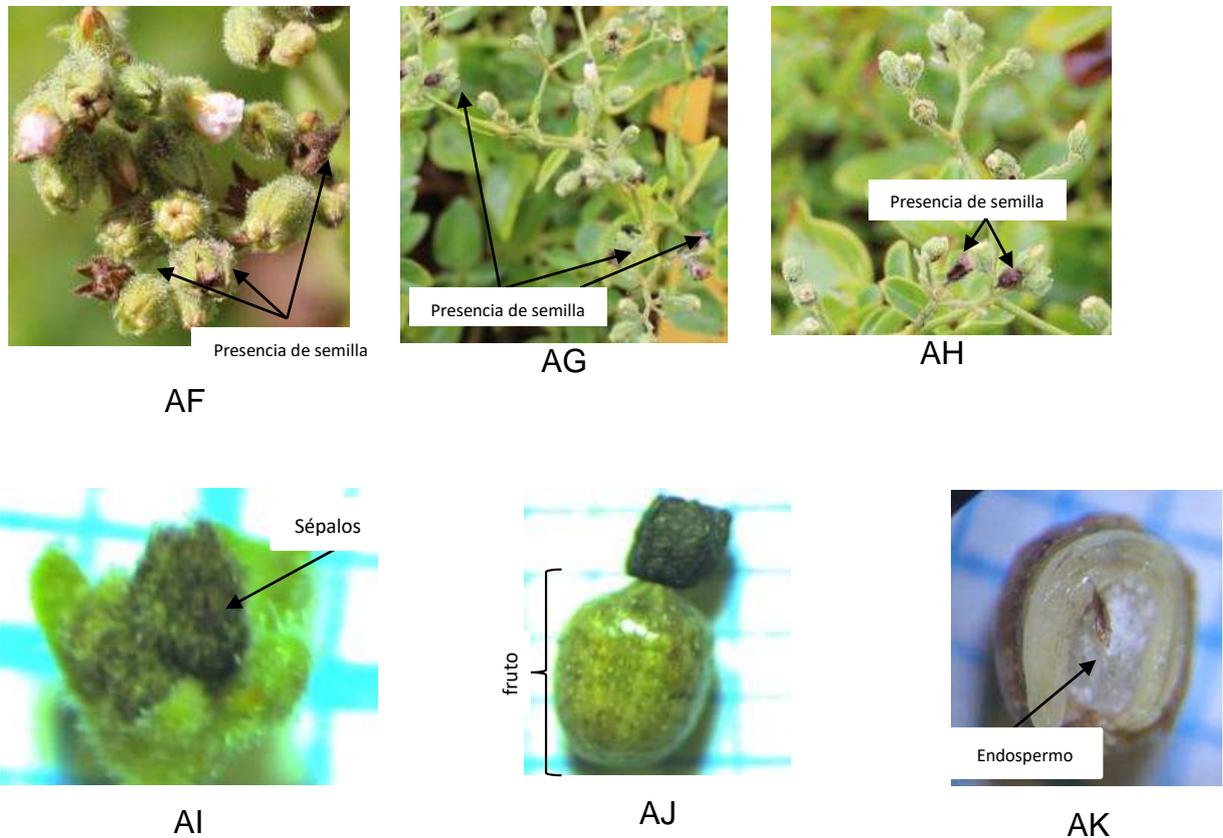


Figura 18. Formación del fruto o semilla y vista microscópica de la semilla

La colección fotográfica de las figuras: 14,15,16,17,18 y 19 muestra todos los cambios fenológicos de las etapas 5 y 6 según la escala BBCH, muestran cambios de estructuras que son apreciables visualmente donde se evidencian variaciones en las estructuras que dan origen a otras a lo largo del tiempo.

Para complementar la escala visual a continuación se muestran cambios generales de la fenología floral del miso.



Figura 19. Representación general de los cambios fenológicos durante la etapa floral

La figura 20 representa los cambios fenológicos primarios del cultivo de miso desde el estadio 501 hasta el 619 correspondientes a las inflorescencias primarias que emergen de los tallos principales. Cuando la semilla está completamente formada las ramas o el peciolo se seca por completo al igual que los sépalos que recubren al fruto.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Las ramas primarias demoran 90 días en cambiar de yema latente a una yema brotada de hasta 5 milímetros este requiere de una acumulación total de 140 unidades térmicas, el 10% de floración demora 112 días acumulados desde el inicio de la aparición de la yema latente (249 unidades térmicas), el 50% de floración 162 días acumulando 426,6 de igual manera el final de la floración dura 199 días finalmente con 520 unidades térmicas acumuladas aproximadamente.

En cuanto a las ramas secundarias el período hasta el cambio de yema latente a una yema brotada de hasta 5mm de diámetro dura de 81 días con una acumulación de 200 unidades térmicas, el 10% de floración demora 111 días con una acumulación de 280 unidades térmicas, la llegada del 50% de la floración demora 160 días con una acumulación de 418,6 unidades térmicas y el fin de ella en los 199 días con 519,8 unidades térmicas acumuladas.

Las ramas terciarias al culminar su fase de yema latente y yema hinchada de hasta 5mm de diámetro demora 87 días acumulando 221,6 unidades térmicas, el 10% de la floración llega en el día 115, el 50% de floración se encuentra en el 157, el fin de la floración se encuentra en el día 199; sin embargo, son aquellas con mayor susceptibilidad al marchitamiento en cualquier etapa o por algún factor climático.

Finalmente se plasmó una colección fotográfica con todos los cambios fenológicos durante la floración empleando como base la escala BBCH con tres dígitos para diferencias en las ramas florales. Se observa en las figuras 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20 (primaria, secundaria y terciaria).

6.2. Recomendaciones

Un complemento ideal para el estudio sería la continuación de la etapa de formación del fruto con el fin de determinar el porcentaje germinativo de cada flor. La semilla es escasamente empleada en la producción del cultivo de miso, la técnica mejor empleada en pequeñas producciones es mediante brotes o

esquejes vegetativos. Adicionalmente el seguimiento con equipos tecnificados para la evaluación de la eficiencia del cultivo para producciones masivas que pueden ser empleadas en otros cultivos similares para la mejora de la productividad.

REFERENCIAS

- Baggiolini. (1952). *Les stades repérés dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique*. *Revue romande d'agriculture et d'arboriculture*. Bruselas, Bélgica: Viticulture. Recuperado el 5 de junio de 2018 de: <https://edoc.site/fenologia-de-la-vid-segun-baggiolini-pdf-free.html>.
- Baltazar, B. (2007). *Glowing plants. Paleobotany: the biology and evolution of fossil plants*. Inglaterra. eLife. Recuperado el 10 de septiembre de 2018 de: <https://elifesciences.org/articles/43421>.
- Brown, P.W, (2013). *Heat Units. Colleague of agricultura and life sciences cooperative extention*. Recuperado el 20 de noviembre 2018 de: <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1602.pdf>.
- Di Salvatore, M., Carafa, A y Carratú, G. *Hook.F* (2013). *Groth and Reproductive Phenology of Wetwitschia Mirabilis*. Recuperado el 15 de diciembre 2018 de: <https://benthamopen.com/TOPSIJ/LUME/B/>.
- FAO, 1992. *Cultivos marginados, otra perspectiva 1492. Organización de las naciones unidas para la alimentación*. Recuperado el 2 de agosto de 2018 de: <http://www.fao.org/3/t0646s/t0646s.pdf>.
- Fernández, M. (2011). *Estudio fenológico de la vid*. Recuperado el 10 de octubre de 2018 de: <http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es/xmlui/bitstream/handle/11093/227/Estudio%20fenol%C3%B3gico%20y%20aerobiol%C3%B3gico%20en%20un%20vi%C3%B1edo.pdf?sequence=1>.
- Fleckinger, J. (1945). *Notations phénologiques et représentations de développement des bourgeons floraux du parier*. Paris, Francia: Congress Ass.Fr Recuperado el 19 de septiembre 2018 de: <https://core.ac.uk/download/pdf/39862634.pdf>.
- Flores, H., Flores- Gallardo, H., Ojeda, W. (2014). *Predicción fenológica del cultivo de papa mediante tiempo térmico*. (2°. ed). México D.F, México: Recuperado el 5 de enero 2019 de: <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/37-2/6a.pdf>

- Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. (2003). *agricultura orgánica una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la revolución de la pobreza*. Costa Rica. Recuperado de: <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/icap/unpan028339.pdf>.
- Frost, H y Soost, R. (1968). *Development of gametes and embryos in the citrus industry. California, US*. Recuperado el 15 de noviembre 2018 de: https://www.researchgate.net/profile/Kundan_Kishore/publication/301087846_Polyembryony/links/57e3635808aedde5f365a2e6/Polyembryony.pdf?origin=publication_detail.
- Global Ideas. (18.08.2014). *¡Viva la papa!* Deutsche Welle. Perú. Recuperado el 24 de mayo del 2018 de: <https://p.dw.com/p/1Ce4X>
- Hack, H., Gall, TH., Klemke, R., Klose, U., Meier, R., Statuss, S y Witzenberg, A. (1993). *Phänologische Entwicklungsstadien der Kartoffel (Solanum tuberosum) coderung und beschreibung nach der erweiterten BBCH-skala mit abbilolungen. Nachrichtentblatt des Deutschen pflanzenschutz dienstes*. (9.º ed.) Alemania.
- Hoyos, D., Morales,J., Chavarría, H., Montoya, A., Correa, G y Jarmillo, S. (2012). *Acumulación de Grados día desarrollo (GDD) en un cultivo de pepino Cucumis sativus en un modelo de producción aeropónico*. Medellín, Colombia: Agromedellín. Recuperado el 15 de octubre 2018 de: https://www.researchgate.net/publication/262516108_Growing_Degree_Days_Accumulation_in_a_Cucumber_Cucumis_sativus_L_Crop_Grown_in_an_Aeroponic.
- Huaranca, R. (2010). *La flor, la inflorescencia y el fruto*. (2º. ed). Iquitos, Perú: Wordpress. Recuperado el 24 de septiembre de 2018 de: <https://agronomiasustentable.files.wordpress.com/2012/09/la-flor-clasificacion.pdf>

- López, J (2013). *La genética del color en las flores de don Diego de noche Mirabilis jalapa*. España: Digital SICCS. Recuperado el 2 de octubre 2018 de: <http://hdl.handle.net/10261/94309>.
- Megías, M., Molist P y Pombal, M. (2018). *Atlas de la histología vegetal y animal y órganos vegetales*. (2.ºed). Vigo, España: Recuperado el 5 de enero 2019 de: <https://docplayer.es/41574757-Atlas-de-histologia-vegetal.html>.
- National Research Council Panel on Lost Crops of the Incas (1990). *Lost crops of the Incas*. (1.º ed). Washington, Estados Unidos: National Academy Press. Recuperado el 20 de julio de 2018 de: <http://arnoldia.arboretum.harvard.edu/pdf/articles/1990-50-4-lost-crops-of-the-incas.pdf>
- Payero, J. (2017). *Introduction to growing degree days*. Celmsón, Estados Unidos: Agronomic Crops. Recuperado el 2 de diciembre 2018 de: <https://www.clemson.edu/extension/publications/files/agronomiccrops/ac-09-introduction-to-growing-degree-days.pdf>
- Seminario, J y Vaderrama, M. (2012). *Variabilidad morfológica y evaluación agronómica de mauka del norte peruano*. Cajamarca, Perú. Recuperado el 12 de octubre 2018 de: DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v19i3.1001>.
- Seminario, J. (1993). *Aspectos entobotánicos y productivos del chago, miso o mauka*. Cajamarca, Perú. Recuperado el 5 de octubre 2019 de: http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/26-Aspec_etnobot_chago_miso.pdf.
- Suquilanda, M. (1996). *Agricultura orgánica una alternativa tecnológica del futuro*. Ecuador. Recuperado el 30 de julio 2018 de: <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/icap/unpan028339.pdf>.
- Tapia, C., Castillo, R., Mazón, N. (1996). *Catálogo de recursos genéticos de raíces y tubérculos andinos en Ecuador*. (1.º. ed). Ecuador: Tecnigraba.

- Tapia, M. y Fires, A. (2007). *Guía de campo de los cultivos Andinos*. FAO. (8°. ed.). Lima, Perú: Millenium Digital srl. Recuperado el 10 de octubre de 2018 de: <http://ww.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s.pdf>
- Universidad de Córdoba. (2006). *Seguridad alimentaria y la lucha con el hambre, hacia una seguridad alimentaria basada en la biodiversidad*. (1°. ed.). Córdoba., España: Estudios sobre hambre y pobreza. Recuperado el 9 de noviembre del 2018 de: <http://www.oda-alc.org/documentos/1349637802.pdf>
- Walsh, C. (2001). *Interculturalidad en la educación*. Lima: Perú. Ministerio de educación. Recuperado el 23 de agosto del 2018 de: <http://www.bvsde.paho.org/tutorialin/e/lectura1.html>.
- Willis, Ellwood, Primack, Davis, Pearson, Gallinat, Yost, Nelson, Mazer, Rossingtong, Sparks y Soltis. (2017). *Old Plants, New Tricks, Phenological Research Using Herbarium Specimens*. Inglaterra: Pearson. Recuperado el 15 de enero 2019 de: DOI: 10.1016/j.tree.2017.03.015
- Zadoks, J. C., Chang, T. T., & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. (6.°ed) . Recuperado el 18 de enero 2019 de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>
- Zhi Wei, N., Shiyong, S., Yong- Qiang, W., Jie, L y Hao, Y. (2014). New insights into the regulation of inflorescence architecture. Singapur, Singapur: Cell Press. Recuperado el 15 de enero 2019 de: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.11.001>

ANEXOS

Uno de los objetivos planteados en el estudio es brindar una colección fotográfica de la fenología floral del cultivo de miso, que como complemento conforme a lo anterior se muestra de manera simplificada a continuación.



A



B



C



C



D



E



F



G



H

Figura 20. Colección fotográfica complementaria de la etapa floral del cultivo de miso



I



J



K



L



M



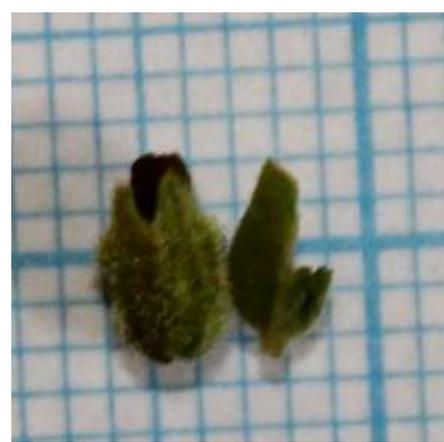
N



O



P



Q

Figura 21. Colección fotográfica complementaria de la etapa floral del cultivo de miso

En la figura 21y 22 se muestran los cambios fenológicos florales como complemento a la colección fotográfica anterior. A, B y C representan la etapa 501 de las inflorescencias primarias, D corresponde al estadio 511, E y F responde al estadio 515, G indica el estadio 611, H representa al estadio 612, I, J, K, L y N indican en conjunto los estadios desde 613 hasta 618; O indican el estadio 619, P y Q representa la formación de la semilla.

