



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

FENOLOGÍA FLORAL DE LA MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*) MEDIANTE
LA ESCALA BBCH PARA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD.

Autora

Hazol Andrea Guevara Peñaherrera

Año
2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

FENOLOGÍA FLORAL DE LA MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*) MEDIANTE
LA ESCALA BBCH PARA MEJORA DE 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
Ph.D Mauricio Andrés Racines Oliva.

Autora
Hazol Andrea Guevara Peñaherrera

Año
2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Estudio de la fenología floral de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) mediante la escala BBCH para mejora de la productividad, a través de reuniones periódicas con el estudiante Hazol Andrea Guevara Peñaherrera, en el semestre 201920, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Mauricio Andrés Racines Oliva

Doctor of Bioscience Engineering

C.I.: 171090216-2

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Estudio de la fenología floral de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) mediante la escala BBCH para mejora de la productividad, a través de reuniones periódicas con el estudiante Hazol Andrea Guevara Peñaherrera, en el semestre 201920, dando cumplimiento a las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Wilson Arturo Vásquez Castillo

Philosophy Doctor in Plant Physiology

C.I.: 100118621-0

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de 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.”

Hazol Andrea Guevara Peñaherrera

C.I.:050332644-9

RESUMEN

El siguiente estudio se llevó a cabo en el INIAP en la granja experimental de Santa Catalina ubicado en el cantón Mejía que presenta una temperatura entre 10 a 17 °C y se encuentra ubicada a 3070 msnm.

Se realizaron observaciones semanales de 10 plantas de cada accesión en las cuales se tomó como datos el largo de la yema, el diámetro polar y ecuatorial del botón floral, flores, ovario y tubérculos estas medidas fueron tomadas en milímetros mediante el calibrador digital, estos presentaron mayor crecimiento y desarrollo cuando las precipitaciones fueron mayores, con los datos y fotos realizadas se elaboró un registro visual en la cual consta cada fase fenológica de cada accesión del cultivo de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) mediante la escala BBCH.

Mediante el estudio fenológico floral de la mashua se identificó 5 fases; se identificó que la floración de las accesiones inició a los 87 días y tuvo un promedio de duración de 76 días. Se observó en las tres accesiones seis fases reproductivas: yema latente (6 días), yema hinchada (7 días), botón floral (19 días), floración (32 días) fructificación (9 días), la tuberización se identificó como etapa simultánea con la floración, estas fases fenológicas presentaron un total de 76 días y acumularon 1502,76 unidades térmicas. La flor de la accesión ECU-1107 obtuvo una medida de máxima de 29,64 mm diámetro polar y 12,56mm diámetro ecuatorial; la accesión ECU-1145 una medida de máxima de 29,6 mm diámetro polar y 12,46mm diámetro ecuatorial y la accesión ECU-8768 una medida de máxima de 29,64 mm diámetro polar y 12,56mm diámetro ecuatorial.

Palabras Clave: Escala BBCH, floración, mashua (*Tropaeolum tuberosum*)

ABSTRACT

The following study was carried out at the INIAP in the experimental farm of Santa Catalina located in the Mejía canton that has a temperature between 10 to 17 ° C and is located at 3070 meters above sea level.

Weekly observations of 10 plants of each access were taken in which the length of the bud, the polar and equatorial diameter of the floral button, flowers, ovary and tubers were taken as data. These measurements were taken on screws using the digital caliper, the latter greater growth and development when rainfall was higher, with the data and photos taken a visual record was made in the constant quality of each phenological phase of each access of the mashua crop (*Tropaeolum tuberosum*) using the BBCH scale.

Through the floral phenological study of the mashua, 5 phases were identified; the flowering of rapid accessions at 87 days was identified and had an average duration of 76 days. In the three accessions itself six reproductive phases: dormant bud (6 days), swollen bud (7 days), flower bud (19 days), flowering (32 days) fruiting (9 days), tuberization was identified as a simultaneous stage with flowering, these phenological phases obtained a total of 76 days and accumulated 1502.76 thermal units. The accession flower ECU-1107 obtained a maximum measurement of 29.64 mm of polar diameter and 12.56 mm of equatorial diameter; the ECU-1145 accession a maximum measurement of 29.6 mm of polar diameter and 12.46 mm of equatorial diameter and the accession ECU-8768 a maximum measurement of 29.64 mm of polar diameter and 12.56 mm in diameter equatorial.

Keywords: BBCH scale, flowering, mashua (*Tropaeolum tuberosum*)

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Alcance	2
2. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo general	2
2.2 Objetivos específicos.....	2
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1 Mashua (<i>Tropaeolum tuberosum</i>)	3
3.1.1 Origen y distribución geográfica	3
3.1.2 Taxonomía.....	4
3.1.3 Descripción botánica	4
3.1.4 Acciones	5
3.1.5 Requerimientos edáficas y climáticas del cultivo	6
3.1.5.1 Suelo.....	6
3.1.5.2 Zonas de cultivo	6
3.1.6 Preparación del terreno y siembra.....	6
3.1.6.1 Aporque.....	7
3.1.6.2 Cosecha.....	7
3.1.7 Composición química y nutricional de los tubérculos	7
3.1.8 Glucosinolatos	8
3.1.9 Fenología floral.....	9
3.1.10 Escala BBCH.....	10
4. MATERIALES Y MÉTODOS	10
4.1 Materiales.....	10
4.2 Métodos	11
4.2.1 Ubicación del estudio.....	11
4.2.2 Análisis estadístico	12
4.2.3 Variables.....	13
4.2.4 Unidades térmicas	14

4.2.5	Manejo del experimento	14
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
5.1.1	Yema latente.....	15
5.1.2	Yema brotada	16
5.1.3	Botones florales.....	18
5.1.4	Floración.....	20
5.1.5	Fruto	22
5.1.6	Tuberización de la mashua.....	24
5.2	Fases fenológicas reproductivas de la mashua, 2019.	25
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	27
6.1	Conclusiones.....	27
6.2	Recomendaciones.....	28
	REFERENCIAS.....	29
	ANEXOS	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Taxonomía de la mashua.</i>	4
Tabla 2. <i>Composición química de los tubérculos de la mashua.</i>	7
Tabla 3. <i>Composición nutricional de los tubérculos de la mashua en 100 gramos.</i>	8
Tabla 4. <i>Accesiones de mashua utilizadas en el presente estudio.</i>	10
Tabla 5. <i>Estadísticos del diámetro polar (mm) de yema latente de mashua, 2019.</i>	15
Tabla 6. <i>Estadísticos del diámetro ecuatorial (mm) de yema latente de mashua, 2019.</i>	16
Tabla 7. <i>Estadísticos del diámetro polar (mm) de la yema brotada de mashua, 2019.</i>	17
Tabla 8. <i>Estadísticos del diámetro ecuatorial (mm) de yema brotada de mashua, 2019.</i>	17
Tabla 9. <i>Estadísticos del diámetro polar (mm) del botón floral de mashua, 2019.</i>	18
Tabla 10. <i>Estadísticos del diámetro ecuatorial (mm) del botón floral de mashua, 2019.</i>	19
Tabla 11. <i>Estadísticos del diámetro polar (mm) de la flor de la mashua, 2019</i>	20
Tabla 12. <i>Estadísticos de la longitud (mm) del pedúnculo de la mashua, 2019</i>	21
Tabla 13. <i>Estadísticos del diámetro polar (mm) del fruto de la mashua, 2019</i>	22
Tabla 14. <i>Estadísticos del diámetro ecuatorial (mm) del fruto de la mashua, 2019</i>	23
Tabla 15. <i>Desarrollo de tubérculos de la mashua</i>	24
Tabla 16. <i>Fases fenológicas reproductivas de la mashua, 2019.</i>	25

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Yema latente de la mashua (Cod. 501 según Escala BBCH)	16
<i>Figura 2.</i> Yema brotada de la mashua (Cod. 505 según Escala BBCH)	18
<i>Figura 3.</i> Botón floral inicial y final de la mashua (Cod. A509- B600 según Escala BBCH)	20
<i>Figura 4.</i> Flor de la mashua (Cod. 601 según Escala BBCH)	22
<i>Figura 5.</i> Fruto de la mashua (Cod. 705 según Escala BBCH)	23
<i>Figura 6.</i> Fases fenológicas	26
<i>Figura 7.</i> Corte longitudinal de la flor (<i>Tropaeolum tuberosum</i>)	34

1. INTRODUCCIÓN

En la región andina existe gran variedad de cultivos alimenticios como tubérculos y leguminosas, que con el tiempo han sido domesticados y han ido obteniendo importancia mundial (Seminario, 2003).

La mashua (*Tropaeolum tuberosum*) es un tubérculo andino de gran importancia por su elevado contenido de glucosinolatos, la cual brinda propiedades antibacterianas, antimutagénico, anticancerígenos y antifúngico (Suquilanda, 2012).

En los países como Ecuador, Perú, Colombia y Bolivia la mashua es utilizada en la elaboración de medicamentos que tratan enfermedades cutáneas y renales. Los medicamentos para tratamiento renales actúan ante la inflamación de la próstata y dolencias genitourinarias. Es utilizado por las personas en el tratamiento de hongos y bacterias (Cruz, 2016). Por su elevado contenido de glucosinolatos, la mashua es utilizada en la elaboración de medicamentos para el tratamiento de problemas renales, úlceras, y hasta problemas de la piel (Vásquez, 2012).

La mashua tiene alto contenido de carotenoides y antocianinas con respecto a otros tubérculos andinos como la papa, melloco y oca. Se consume por los pobladores en varias provincias de la Sierra del Ecuador, debido a su alto contenido de vitamina C, hidratos de carbono y proteínas (Suquilanda, 2012).

Los agricultores utilizan el cultivo de la mashua para contrarrestar el ataque de plagas en cultivos como la papa, maíz y trigo, de esta manera aumentan la

producción y reducen la aplicación de pesticidas en los cultivos (Seminario, 2003).

Al ser la mashua cultivada en suelos pobres y con la presencia de temperaturas bajas, logran tener rendimientos mayores que otros tubérculos andinos (Ayala, 2003). Ecuador en los últimos años ha disminuido su siembra de este cultivo. Se requiere información sobre las etapas de la floración y desarrollo del tubérculo para que no se pierda este tipo de cultivos.

1.1 Alcance

En el presente estudio se identificó los estadios fenológicos acorde a la metodología Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie (BBCH) desde la yema latente hasta la maduración de la semilla botánica. Adicionalmente se caracterizó el tubérculo de la mashua.

Mediante el presente estudio realizado se aporta información que ayudará en el manejo agronómico del cultivo de la mashua y en un futuro utilizarlo para el mejoramiento genético.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar los estados fenológicos de la floración de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) considerando la escala BBCH.

2.2 Objetivos específicos

Determinar *in situ* las fases de la fenología reproductiva de la mashua.

Caracterizar los cambios de los estados fenológicos de la mashua, basado en características físicas y visuales.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Mashua (*Tropaeolum tuberosum*)

La mashua es una planta herbácea anual con follaje frondoso, de 20 a 80 cm de altura de la planta, el color de las hojas puede variar de verde claro a oscuro, el ciclo de vida del cultivo es de 6 a 9 meses, en base a las accesiones y condiciones climáticas (Cahuana, 2014).

La siembra se puede realizar en dos épocas, 1) la siembra principal está ligada con el inicio del periodo lluvioso (entre los meses de octubre a diciembre) y la 2) siembra secundaria entre los meses de mayo a junio. Estas fechas de siembra se realiza para evitar cultivos afectados con heladas (Ministerio de Cultura y Patrimonio, 2013).

La mashua es denominada como un cultivo rústico, ya que crece entre los 3000 a 3900 msnm, tolera temperaturas bajas. Es una planta conocida por tener alta resistencia a las enfermedades y plagas, ya que se destaca por contener sustancias antifúngicas (Ames, 1997).

3.1.1 Origen y distribución geográfica

La mashua es un tubérculo originario de la región Andina, que se cultiva en varios países como Colombia, Chile, Argentina, Bolivia, Ecuador y Perú (Ames, 1997).

Argentina se destaca por ser el país que tiene 3 géneros y 14 especies (Stevens, 2001). Las flores son consumidas en ensaladas, infusiones y sus tubérculos en conservas los cuales tienen un efecto purgante (Martínez, 1981).

Mediante datos arqueológicos determinaron que los tubérculos ya eran aplicados en la dieta alimenticia hace 7500 años (Seminario, 2003).

3.1.2 Taxonomía

La taxonomía tiene como objetivo principal agrupar las plantas mediante similitudes de las mismas. La clasificación radica en un proceso organizado, el cual se componen de grupos subordinados, como se observa en la Tabla 1, y se describe de manera decreciente (Marzoca, 1985).

Tabla 1

Taxonomía de la mashua

Reino	<i>Plantae</i>
Filo	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Dicoteledonea</i>
Orden	<i>Brassicales</i>
Familia	<i>Tropaeolaceae</i>
Género	<i>Tropaeolum</i>
Especie	<i>Tropaeolum tuberosum</i>

3.1.3 Descripción botánica

La mashua tiene tallos aéreos de forma cilíndrica con un diámetro de 3 a 4 mm, se caracteriza por ser un tallo muy ramificado de color verde oscuro y purpura (Perez, 2014).

Sus hojas son alternas de color verde, claras en el envés y brillantes en el haz. Mediante el crecimiento y desarrollo de la planta van oscureciendo, se vuelven peltadas y tienen de tres a cinco lóbulos, el tamaño es variado (Espinosa, 1996).

Las flores de la mashua nacen en las axilas de las hojas, se caracterizan por presentar flores individuales, zigomorfas (simetría bilateral). El color varía de naranja intenso a rojo cuando (Suquilanda, 2012). La flor cuenta con 5 pétalos, 5 sépalos, espolón que contiene néctar, 8 estambres, gineceo con un ovario súpero, 3 carpelos, 3 loculos, 1 óvulo por loculo y 3 estigmas.

Las semillas botánicas se caracterizan por tener el embrión recto, sin endospermo y cotiledones anchos (Manrique, 2013). Las semillas botánicas tienen forma esquizocarpo, desarrollado por tres mericarpos (Perez, 2014).

3.1.4 Accesiones

Se considera una accesión a cualquier material genético de origen vegetal de valor real o potencial (Gallegos, 2003).

Las accesiones de la mashua presentan tubérculos con una enorme gama de colores desde blanco hasta violeta. Estas características dependen del material genético, lugar de origen y la altitud (Ayala, 2003). Se identifica tres tipos de accesiones en función del ciclo del cultivo precoz, intermedio y tardío, las accesiones precoces se caracterizan por tener tubérculos blancos y pequeños, las accesiones tardías tienen tubérculos de color amarillo, y son conocidos por sus funciones medicinales. (Tapia, 2007).

3.1.5 Requerimientos edáficas y climáticas del cultivo

Los requerimientos de la mashua son similares al cultivo de la papa. La rusticidad de estos cultivos es lo único que los diferencia (Espinosa, 1996).

3.1.5.1 Suelo

Los suelos requeridos deben ser superficiales, con una textura fina a media, arcilloso, ácido y permeabilidad lenta (Seminario, 2003).

3.1.5.2 Zonas de cultivo

Este tipo de cultivos pertenecen a los pisos térmicos frío y páramo, se encuentran a una altitud de 2600 hasta los 4000 msnm, la producción de estos tubérculos se adapta a temperaturas que oscila entre 7 a 12°C, con periodos secos y vientos (Cahuana, 2014). La temperatura adecuada para el crecimiento y desarrollo de la mashua se encuentra entre 12 y 14°C (Espinosa, 1996).

3.1.6 Preparación del terreno y siembra

Al tener una preparación del terreno se aumenta la probabilidad de tener mayor cantidad de tubérculos de calidad. La preparación del terreno inicia una semana previa a la siembra se puede realizar en forma manual y por atracción animal.

La siembra de la mashua generalmente es incorporada en planes de rotación de cultivos de cereales y tubérculos, se realiza entre los meses de septiembre a diciembre (Valle, 2017).

3.1.6.1 Aporque

Es una actividad que se ejecuta al tercer mes de siembra de los tubérculos semillas, el cual consiste en remover la tierra y llevar hasta la parte superior de la planta. Mediante el aporque, se evita la exposición de los tubérculos a la luz e impide el verdeamiento, la planta obtiene mayor estabilidad y sostén, ayuda al crecimiento, desarrollo y cantidad de los tubérculos por planta (Arcila, 1992).

3.1.6.2 Cosecha

La cosecha de la mashua se realiza cuando se cumple el ciclo vegetativo, se considera una planta lista para la cosecha cuando presenta: hojas de color amarillo a café, sus tallos empiezan a deshidratarse. Las accesiones se les pueden clasificar como tardías, intermedias y precoces (Perez, 2014).

3.1.7 Composición química y nutricional de los tubérculos

La mashua se encuentra conformada por varios compuestos químicos como se detalla en la Tabla 5 detalla la composición general de la mashua.

Tabla 2

Composición química de los tubérculos de la mashua

Parámetro	Porcentaje
Mn (ppm)	7,00
Fe (ppm)	42,00
Zn (ppm)	48,00
Cu (ppm)	9,00
K (%)	1,99
Almidón (%)	42,92
Azúcar Total (%)	42,81
Azúcares reductores (%)	35,83

La mashua se caracteriza por ser uno de los tubérculos andinos con mayor cantidad de nutrientes, para los pobladores de la región andina, se utilizan para tratar problemas en órganos como riñones e hígado (Surco, 2004).

En la tabla 3 se describe la composición en 100 gramos de mashua.

Tabla 3

Composición nutricional de los tubérculos de la mashua en 100 gramos

Componente	Gramos (g)
Agua	87,4
Proteína	1,5
Fibra	0,9
Calcio	0,012
Hierro	0,010
Vitamina A	0,012

3.1.8 Glucosinolatos

Los glucosinolatos son metabolitos secundarios de las plantas, se encuentran en varias especies dicotiledóneas y principalmente en brassicáceas (Wang, 2002).

La mashua tiene una alta concentración de un compuesto denominado glucosinolatos que da el sabor picante a los tubérculos. Estos son compuestos que al ser hidrolizados se produce el isotiocianato. Los isotiocianatos se caracterizan por tener cinco funciones como diuréticas, anticancerígenas, insecticidas, nematocidas y antibióticas (Manrique, 2013).

La mashua gracias a su composición química es utilizado en la elaboración de medicamentos para el tratamiento de problemas renales, úlceras, y hasta problemas de la piel en las personas, en los cultivos es utilizado por los agricultores para contrastar el efecto de plagas (Vásquez, 2012).

3.1.9 Fenología floral

La fenología es considerada una ciencia que estudia los cambios biológicos de las plantas, entre los que se encuentran los eventos de crecimiento y desarrollo de una planta, mismas que pueda variar por el clima, tipo de suelo y manejo agronómico. La fenología de una especie puede ser explicada mediante los estadios en los cuales se desarrollan los órganos como las hojas, flores, frutos y semillas (Valle, 2017).

Mediante el estudio de fenología de varias especies, los agricultores utilizan este tipo de información para el manejo agronómico y con ello la productividad. Uno de los estudios que se pueden realizar hoy en día mediante la fenología, es mitigar el cambio climático (Esashika, 2017).

Las fases y las etapas fenológica sirven para identificar la velocidad del crecimiento. Fase fenológica es la aparición, transformación o desaparición de los órganos vegetales, mientras que la etapa fenológica es la unión de dos fases sucesivas, los cuales presenta períodos críticos. Se lo puede estudiar mediante tres métodos la escala, 1) escala BBCH, 2) grados días o unidades térmicas, 3) días de desarrollo (Manriquez, 1991).

3.1.10 Escala BBCH

La escala BBCH es utilizada para realizar una identificación de los estados fenológicos de las diferentes especies (monocotiledóneas o dicotiledóneas). (Martinez, 2005).

Son 10 estadios principales de crecimiento: 0 germinación, brotación, desarrollo de la yema; 1 desarrollo de las hojas; 2 formación de brotes laterales; 3 crecimiento longitudinal del tallo, desarrollo de brotes; 4 desarrollo de las partes vegetativas cosechables de la planta; 5 emergencia de la inflorescencia; 6 floración; 7 desarrollo del fruto; 8 coloración o maduración de los frutos y semillas; 9 senescencia. Existe un segundo dígito el cual ayuda a tener mayor precisión en la descripción de los estadios fenológicos, el tercer dígito es para identificar los mesoestadios entre los estadios primarios y secundarios (Martinez, 2005).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

El material biológico se obtuvo en la estación Santa Catalina del INIAP. Las tres accesiones utilizadas se encuentran descritas en la tabla 4.

Tabla 4

Accesiones de mashua utilizadas en el presente estudio

Tubérculos de mashua	Variedades
(<i>Tropaeloum tuberosum</i>)	ECU-1145
	ECU-1107
	ECU-8768

El material de campo utilizado en el presente estudio se encuentra escrito a continuación.

1. Rótulos
2. Azadón
3. Cámara
4. Cinta métrica
5. Piola
6. Etiquetas
7. Guantes
8. Tijeras
9. Marcador permanente
10. Calibrador digital
11. Cepillo
12. Hilo

Material de laboratorio utilizado para el estudio de estructuras fue:

1. Cámara
2. Estereomicroscopio
3. Calibrador

4.2 Métodos

Los métodos que se identificaron en el estudio fueron los siguientes:

4.2.1 Ubicación del estudio

El presente estudio se desarrollará en el INIAP estación Santa Catalina, cantón Mejía la cual se encuentra ubicada a una altitud de 3070m con una temperatura de 10-17 C°.

4.2.2 Análisis estadístico

Para el presente estudio se realizará estadística descriptiva a través de los siguientes parámetros:

Rango: es el intervalo que se encuentra entre el valor máximo y valor mínimo de la muestra (Pineda, 2004).

Varianza: es una medida de dispersión que representa variabilidad en una serie de datos y se calcula con la siguiente fórmula (Llinas, 2005).

$$Var(x) = \frac{\sum_1^n (x_i - |\bar{x}|)^2}{n}$$

(Ecuación 1)

Desviación estándar: es una medida de variación de los valores de la media y su fórmula es (Llinas, 2005):

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

(Ecuación 2)

Media: es la suma de los datos dividido para el total de números sumados (Moore, 2000).

Coefficiente de variación: es utilizado para comparar conjuntos de datos que pertenecen a poblaciones diferentes (Pineda, 2004).

$$CV = \frac{S_x}{|\bar{x}|}$$

(Ecuación 3)

S_x = Desviación típica del conjunto de datos.

$|\bar{x}|$ = Valor absoluto de la media.

4.2.3 Variables

Las variables que se va a tomar en cuenta en este estudio del cultivo de la mashua los que se detallan a continuación.

Yemas latentes: Se considera yema latente al órgano formado en las axilas de sus hojas, redondo de color verde, se midió diámetro ecuatorial en (mm) y diámetro polar (mm) de las yemas con un calibrador digital una vez por semana.

Yemas brotadas: Se considera yema brotada a la estructura hinchada de color verde que se encuentra en las axilas de las hojas, se midió diámetro ecuatorial en (mm) y diámetro polar (mm) de las yemas con un calibrador digital una vez por semana.

Botón floral: Se determina botón floral a la estructura con presencia de pedúnculo que toma el color de verde a naranja. Los botones florales se midió el diámetro ecuatorial (mm) y diámetro polar (mm) con un calibrador digital, dos veces por semana.

Flores: Se identifica a la flor cuando se encuentra abierta y es de color naranja a rojo Las flores se midió el diámetro ecuatorial (mm) y diámetro polar (mm) con un calibrador digital, dos veces por semana.

Fecundación: Se midió la semilla botánica el diámetro ecuatorial (mm) y diámetro polar (mm) con un calibrador digital, dos veces por semana.

Tubérculo: Se registró el diámetro ecuatorial (mm) y diámetro polar (mm) con un calibrador digital, dos veces por semana desde que la planta presentó botones florales.

4.2.4 Unidades térmicas

Para calcular las unidades térmicas se registró la temperatura máxima y mínima diaria con el fin de determinar los días que requiere cada etapa fenológica.

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

(Ecuación 4)

4.2.5 Manejo del experimento

Para este estudio se obtuvo las tres accesiones de mashua del INIAP. Para el proceso de siembra, se realizaron los surcos a 60 centímetros de distancia, se sembró 10 tubérculos de cada accesión, se rotulo las tres accesiones, la eliminación de orensas se realizará una vez por semana, el aporte se realizó el 12 de abril del 2019.

Se tomaron los datos y fotografías una vez por semana de las tres accesiones.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las accesiones ECU-1107, ECU-1145 y ECU 8768 se identificaron 5 fases fenológicas: yema latente, yema brotada, floración, semilla botánica y tubérculo.

5.1.1 Yema latente

El promedio de las 3 accesiones estudiadas presentó un diámetro polar de 1,64 mm con un el diámetro mínimo de 1,57 y máximo de 1,71 mm. El diámetro ecuatorial promedio de la yema latente fue de 1,35 mm con un rango de 0,2 mm.

Considerando los diámetros de esta estructura, se puede inferir que las yemas latentes tienen forma ovalada. Los bajos coeficientes de variación (CV%) permite indicar que existe una variación mínima para esta característica. Esta fase fenológica tiene una duración de 6 días, en las que acumuló 91,61 unidades térmicas (UT), como se observa en las tablas 5 y 6.

Tabla 5

Estadísticos del diámetro polar de yema latente (mm) de mashua, 2019

Yema latente diámetro polar (mm)				
	<i>Ecu-1107</i>	<i>Ecu-1145</i>	<i>Ecu-8768</i>	<i>Promedio</i>
Media	1,64	1,57	1,71	1,64
Desviación estándar	0,35	0,28	0,32	0,32
Varianza de la muestra	0,13	0,08	0,10	0,10
Rango	0,5	0,39	0,45	0,45
Mínimo	1,39	1,37	1,48	1,41
Máximo	1,89	1,76	1,93	1,86
Nivel de confianza (95,0%)	3,18	2,48	2,86	2,84
CV%	0,22	0,18	0,19	0,19

Tabla 6

Estadísticos del diámetro ecuatorial (mm) de yema latente de mashua, 2019

Yema latente diámetro ecuatorial (mm)				
	<i>Ecu-1107</i>	<i>Ecu-1145</i>	<i>Ecu-8768</i>	<i>Promedio</i>
Media	1,28	1,29	1,48	1,35
Desviación estándar	0,45	0,37	0,30	0,38
Varianza de la muestra	0,20	0,14	0,09	0,15
Rango	0,64	0,53	0,43	0,53
Valor mínimo	0,96	1,02	1,26	1,08
Valor máximo	1,60	1,55	1,69	1,61
Nivel de confianza (95,0%)	4,07	3,37	2,73	3,39
CV%	0,35	0,29	0,21	0,28

Se consideró yema latente a la estructura que se desarrolló en las axilas de las hojas de la planta de la mashua, estas son de color yellow green 147 C según la tabla de colores del Royal Horticultural Society (2015) observar figura 1. Los meristemas se encuentran desarrollados en las axilas de las hojas, estos pueden diferenciarse como reproductivos o vegetativos (Zeiger, 2006).



Figura 1. Yema latente de la mashua (Cod. 501 según Escala BBCH).

5.1.2 Yema brotada

Esta estructura presentó un diámetro polar promedio de las tres accesiones de 3,19 mm con un rango de 3,13 a 3,40 mm y un diámetro ecuatorial de 2,64 mm con un rango de 2,54 a 2,73 mm. Considerando los diámetros, estructura tiene

la forma alargada. El CV bajos para esta característica, indica que existe una variación mínima.

Está fase fenológica tiene un desarrollo con un total de 13 días y 93,5 unidades térmicas, en la tabla 7 y 8 se describe el diámetro polar y ecuatorial de la yema brotada.

Tabla 7

Estadísticos del diámetro polar (mm) de la yema brotada de mashua, 2019

Yema brotada diámetro polar (mm)				
	<i>Ecu-1107</i>	<i>Ecu-1145</i>	<i>Ecu-8768</i>	<i>Promedio</i>
Media	3,30	3,14	3,13	3,19
Desviación estándar	1,20	1,44	1,11	1,25
Varianza de la muestra	1,43	2,06	1,23	1,57
Rango	1,69	2,03	1,57	1,76
Valor mínimo	2,45	2,12	2,34	2,30
Valor máximo	4,14	4,15	3,91	4,07
Nivel de confianza (95,0%)	10,74	12,90	9,97	11,20
CV%	0,36	0,46	0,36	0,39

Tabla 8

Estadísticos del diámetro ecuatorial (mm) de yema brotada de mashua, 2019

Yema brotada diámetro ecuatorial (mm)				
	<i>Ecu-1107</i>	<i>Ecu-1145</i>	<i>Ecu-8768</i>	<i>Promedio</i>
Media	2,64	2,54	2,73	2,64
Desviación estándar	0,85	0,92	0,95	0,91
Varianza de la muestra	0,72	0,85	0,91	0,83
Rango	1,20	1,30	1,35	1,28
Valor mínimo	2,04	1,89	2,05	1,99
Valor máximo	3,24	3,19	3,40	3,28
Nivel de confianza (95,0%)	7,62	8,26	8,58	8,15
CV%	0,32	0,36	0,35	0,34

Se consideró yema brotada cuando esta estructura está desarrollada en la axila de las hojas. Es de color yellow green 147 B según la tabla de colores del Royal Horticultural Society (2015) (figura 2).

Para el desarrollo de esta estructura, una de las hormonas que actúa en esta fase fenológica (yema latente a yema brotada) son las auxinas. Las yemas axilares son meristemos secundarios, y en esta etapa se diferencia como floral o meristema vegetativo. Toda actividad meristemática floral termina cuando ha concluido con el desarrollo de los órganos florales (Zeiger, 2006).



Figura 2. Yema brotada de la mashua (Cod. 505 según Escala BBCH).

5.1.3 Botones florales

Esta estructura presentó un diámetro polar promedio de las tres accesiones de 14,07 mm con un rango de 0,16 mm y un diámetro ecuatorial de 9,49 mm con un rango de 0,24 mm. Es de forma alargada considerando los diámetros de esta estructura. Tiene un coeficiente de variación mínimo, por lo que tiene una baja variabilidad. Esta fase fenológica tiene una duración de 33 días y acumuló 523,98 unidades térmicas. En la tabla 9 y 10 se describe el diámetro polar y ecuatorial del botón floral.

Tabla 9

Estadísticos del diámetro polar (mm) del botón floral de mashua, 2019

Botón floral diámetro polar (mm)				
	<i>Ecu-1107</i>	<i>Ecu-1145</i>	<i>Ecu-8768</i>	<i>Promedio</i>
Media	14,68	14,78	14,62	14,07
Desviación estándar	5,92	5,88	5,70	5,83
Varianza de la muestra	35,06	34,54	32,53	34,05
Rango	16,19	16,32	15,55	16,02
Valor mínimo	6,94	6,87	7,23	7,01
Valor máximo	23,13	23,19	22,78	23,03
Nivel de confianza (95,0%)	5,48	5,44	5,27	5,40
CV%	0,40	0,40	0,39	0,40

Tabla 10

Estadísticos del diámetro ecuatorial (mm) del botón floral de mashua, 2019

Botón floral diámetro ecuatorial(mm)				
	<i>Ecu-1107</i>	<i>Ecu-1145</i>	<i>Ecu-8768</i>	<i>Promedio</i>
Media	9,42	9,39	9,65	9,49
Desviación estándar	3,49	3,44	2,72	3,22
Varianza de la muestra	12,18	11,83	7,41	10,47
Rango	8,61	8,47	6,46	7,58
Valor mínimo	3,95	3,99	5,78	4,57
Valor máximo	12,56	12,46	12,24	12,42
Nivel de confianza (95,0%)	3,23	3,18	2,52	2,98
CV%	0,37	0,37	0,28	0,34

El botón floral es una estructura que presenta el pedúnculo de la flor (Figura. 3). En la figura 3 A se presenta, el botón floral inicial que tiene un color Green group N138 B, en el, se aprecia los sépalos e inicia el apareamiento de los pétalos, además no se encuentra desarrollado el espolón. En esta especie la flor desarrolla presenta un espolón que es de color orange red N34 B según la tabla de colores del Royal Horticultural Society (2015). Los pétalos se encuentran cerrados, protegiendo las estructuras reproductivas (Figura. 3B).



Figura 3. Botón floral inicial y final de la mashua (Cod. A509- B600 según Escala BBCH).

5.1.4 Floración

Esta estructura presentó un diámetro polar promedio de las tres accesiones de 29,22 mm con un diámetro mínimo de 28,77mm y máximo de 29,46mm. El diámetro ecuatorial es de 12,42 mm, este tamaño se mantiene hasta que los pétalos se marchitan. El pedúnculo tiene una longitud de 81,06mm El CV bajo de esta estructura indica la escasa variabilidad de esta estructura. Esta fase fenológica tiene una duración total de 32 días y 608,71 unidades térmicas (Tabla 11 y 12).

La floración de la mashua tiene un periodo de duración hasta de 48 días y las flores permanecen abiertas de 9 a 15 días este estudio se realizó a una altitud de 3800 msnm (Vallenas, 1992). En los datos obtenidos en el presente estudio la floración dura 33 días esto se debe a la altitud ya que se encuentra a 3050 msnm.

Tabla 11

Estadísticos del diámetro polar (mm) de la flor de la mashua, 2019

Flor diámetro polar (mm)				
	<i>Ecu-1107</i>	<i>Ecu-1145</i>	<i>Ecu-8768</i>	<i>Promedio</i>
Media	29,46	29,42	28,77	29,22
Desviación estándar	0,59	0,58	0,66	0,61
Varianza de la muestra	0,35	0,34	0,44	0,38
Rango	1,97	1,94	2,19	2,03
Valor mínimo	27,67	27,66	26,78	27,37
Valor máximo	29,64	29,60	28,97	29,40
Nivel de confianza (95,0%)	0,40	0,39	0,44	0,41
CV%	0,02	0,02	0,02	0,02

Tabla 12

Estadísticos de la longitud (mm) del pedúnculo de la mashua, 2019

Pedúnculo longitud (mm)				
	<i>Ecu-1107</i>	<i>Ecu-1145</i>	<i>Ecu-8768</i>	<i>Promedio</i>
Media	81,22	83,21	78,76	81,06
Desviación estándar	31,82	32,08	45,43	36,45
Varianza de la muestra	1012,65	1029,33	2064,25	1368,75
Rango	85,88	91,01	146,06	107,65
Mínimo	1,03	1,05	1,05	1,04
Máximo	86,91	92,06	147,11	108,69
Nivel de confianza (95,0%)	15,82	16,50	23,36	18,56
CV%	0,39	0,39	0,58	0,45

En esta fase, la flor permite observar todas las estructuras bien desarrolladas, como el androceo que está formado por las anteras y los estambres. El gineceo formado por el ovario trilobular y el estigma. La flor de la mashua está conformado por el cáliz (5 sépalos) y la corola (5 pétalos). Tanto el cáliz como la corola son de color orange red N34 A según la tabla de colores del Royal Horticultural Society (2015) como se aprecia en la figura 4.

Las giberelinas son las hormonas que influyen en el inicio de la floración, estas hormonas pueden sustituir los requerimientos de la planta en los días con baja

temperatura, también esta fase se ve influida por el la nutrición de la planta (Zeiger, 2006).



Figura 4. Flor de la mashua (Cod. 601 según Escala BBCH).

5.1.5 Fruto

Esta estructura es trilobular (Figura 5), que presentó un diámetro polar promedio de 7,49 mm con un rango de 4,60 mm y un diámetro ecuatorial de 6,61 mm con un rango de 12,58 mm. Esta fase fenológica tiene una duración de 9 días y acumuló 370,07 unidades térmicas.

Tabla 13

Estadísticos del diámetro polar (mm) del fruto de la mashua, 2019

Fruto diámetro polar (mm)				
	<i>Ecu-1107</i>	<i>Ecu-1145</i>	<i>Ecu-8768</i>	Promedio
Media	7,47	7,46	7,54	7,49
Desviación estándar	1,86	2,22	2,19	2,09
Varianza de la muestra	3,47	4,92	4,78	4,39
Rango	4,00	4,87	4,94	4,60
Mínimo	5,46	5,22	5,17	5,28
Máximo	9,46	10,09	10,11	9,89
Nivel de confianza (95,0%)	2,31	2,76	2,72	2,59
CV%	0,25	0,30	0,29	0,28

Tabla 14

Estadísticos del diámetro ecuatorial (mm) del fruto de la mashua, 2019

Fruto diámetro ecuatorial (mm)				
	<i>Ecu-1107</i>	<i>Ecu-1145</i>	<i>Ecu-8768</i>	Promedio
Media	6,57	6,56	6,70	6,61
Desviación estándar	4,96	5,35	5,02	5,11
Varianza de la muestra	24,55	28,62	25,18	26,12
Rango	12,37	12,99	12,37	12,58
Mínimo	2,04	2,22	2,18	2,15
Máximo	14,41	15,21	14,55	14,72
Nivel de confianza (95,0%)	6,15	6,64	6,23	6,34
CV%	0,75	0,82	0,75	0,77

El fruto es monotalámico ya que proviene de una sola flor, es dehiscente, trilobular, en el cual se encuentra las semillas botánicas. Según la tabla de colores de Royal Horticultural Society, (2015) es moderate yellow green N147 C (Fig 5). Una de las hormonas que se encuentran presentes en el desarrollo del fruto es la auxina, ya que las auxinas se producen en el polen. De esta manera una polinización óptima inicia con la fecundación y desarrollo el cuajado del fruto (Zeiger, 2006).



Figura 5. Fruto de la mashua (Cod. 705 según Escala BBCH)

5.1.6 Tuberización de la mashua.

Esta estructura presentó un diámetro polar promedio inicial de 3,76 mm y final 9,82 mm un diámetro ecuatorial inicial 0,95 mm y final 2,15 mm.

Tabla 15

Tubérculo de la mashua (mm), 2019.

Tubérculo de la mashua (mm)			
Fase de tubérculo	D. polar	D. ecuatorial	Días
Tubérculo inicial	3,76	0,95	6 de marzo
Tubérculo final	90,82	20,15	31 de julio

El tubérculo de la mashua de las tres accesiones el diámetro polar, diámetro ecuatorial, color y forma variaron la figura A es la accesión ECU-1107 la figura B es la accesión ECU-8768 y la accesión ECU-1145 es la figura C.



Figura 6. Tubérculos de las tres accesiones

La tuberización de la mashua inicio cuando la plata está iniciando la floración. El tubérculo va desarrollando conforme la planta va creciendo, hasta llegar a la madurez fisiológica. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Arcilla (1992). La formación de los tubérculos es una fenofase, que va simultáneamente con la floración (López, 2002). Mediante los datos registrados se observa que la tuberización inicio 19 días después del inicio de la floración el cual fue simultáneamente.

5.2 Fases fenológicas reproductivas de la mashua, 2019.

Se presentan los promedios en días y unidades térmicas de las fases fenológicas estudiadas de las tres accesiones de la mashua (Tabla 16) mediante la figura 6 se observa el crecimiento de las fases fenológicas de la mashua respecto a los días y unidades térmicas acumuladas.

Tabla 16

Fases fenológicas reproductivas de la mashua, 2019

Fases fenológicas						
Fases fenológicas	D. polar	D. ecuatorial	Días	UT	UT acumuladas	Fecha
Yema latente	1,64	1,35	6	91,61	91,61	1-3 marzo
Yema brotada	3,19	2,73	7	93,50	185,11	6-3 marzo
Botón floral	14,07	9,49	19	338,87	523,98	13-02 abril
Flor	29,22	12,46	32	608,71	1132,69	02-04 mayo
Fruto	7,49	6,61	9	370,07	1502,76	05-15 mayo

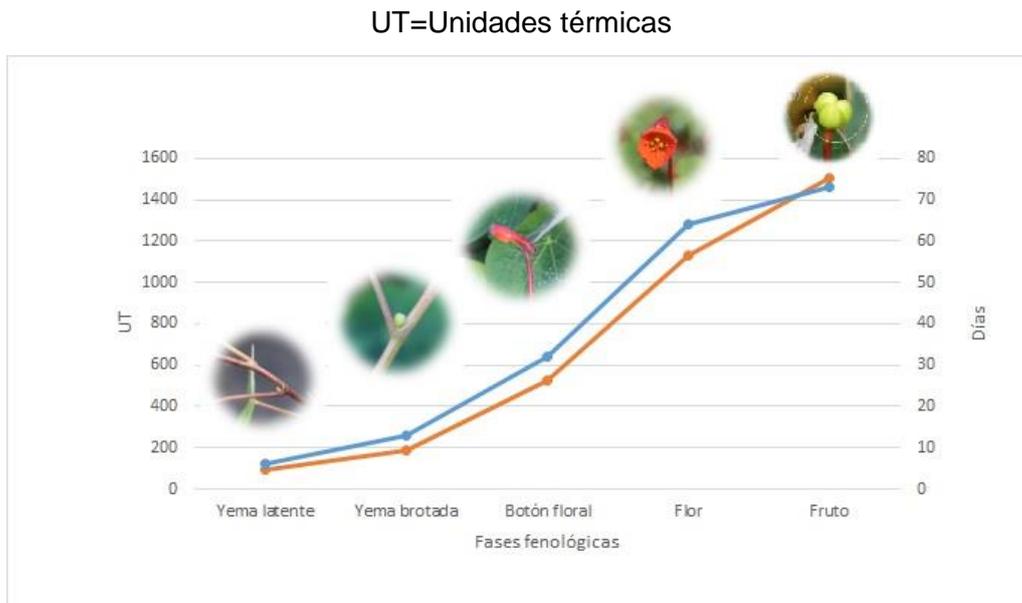


Figura 7. Fases fenológicas promedio de las tres accesiones

El ciclo de cultivo de la mashua en la localidad de Santa Catalina del INIAP es de 181 días, de los cuales la etapa reproductiva de 72 días.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se evaluó los distintos estados fenológicos y fases entre estas se determinó: yema latente, yema brotada, botón floral, floración y fructificación.

Se observó en las tres accesiones seis fases reproductivas: yema latente (6 días), yema hinchada (7 días), botón floral (19 días), floración (32 días) fructificación (9 días), la tuberización se identificó como etapa simultánea con la floración, estas fases fenológicas presentaron un total de 76 días y acumularon 1502,76 unidades térmicas.

Mediante el estudio de la fenología floral de las tres accesiones ECU-1107, ECU-1145 y ECU-8768 de la mashua se identificó que la floración tiene una duración promedio total entre 76 días siendo la ECU-1107 la accesión precoz y la accesión tardía es la ECU-8768.

Mediante una colección de datos fotográficos como se demostró en la tabla 16 los cambios fenológicos de las tres accesiones de la mashua fueron caracterizados y descritos.

La caracterización de la mashua es muy importante para el manejo agronómico a favor de obtener una mejora en la productividad.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda describir la mashua todas las fenológicas mediante la escala BBCH y no solo la fase de floración y fructificación.

Se recomienda realizar un estudio enfocado de las estructuras internas de la flor de la mashua.

Es necesario que se realice un estudio sobre la polinización del cultivo de la mashua para de esta manera determinar si es o no viable su semilla y obtener mejores resultados en la producción de este cultivo.

REFERENCIAS

- Ames, T. (1997). Enfermedades fungosas y bacterianas de Raíces y Tubérculos Andinos. Lima, Perú. Recuperado el 5 de septiembre de 2018 de: <http://cipotato.org/wpcontent/uploads/publication%20files/books/002438.pdf>.
- Arcila, M. (1992). Estudio agronómico del cultivo de ulluco (*Ullucus tuberosus*) en el departamento de Nariño. Colombia. Recuperado el 12 de agosto de 2018 de: https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Descriptores_del_ulluco__Ullucus_tuberosus__904.pdf.
- Ayala, G. (2003). Raíces Andinas contribución al conocimiento y capacitación. Lima : UNC. Recuperado el 5 de septiembre de 2018 de: http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/00_Presentacion.pdf.
- Bautista, S. (1999). Calendario agronómico de papa, olluco, mashua, melloco. Perú. Recuperado el 2 de octubre de 2018 de: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf.
- Cahuana, E. (2014). Colección y caracterización morfológica de entradas de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* L.) del Valle Del Mantaro. Perú. Recuperado el 5 de septiembre de 2018 de: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2043/Cahuana%20Torres.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Campos, D. (2011). *Phenolic compounds from Andean mashua (Tropaeolum tuberosum) tubers display protection*. Lima: AMS. Recuperado el 2 de octubre de 2018 de: <https://doi.org/10.1177/1082013211427794>.
- Cruz, A. (2016). Caracterización molecular de cubios (*Tropaeolum tuberosum*). Boyacá. Recuperado el 28 de marzo de 2019 de: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.50>.

- Esashika, D. A. (2017). *Phenology of the production of flowers and fruits*. Brasil. Recuperado el 21 de enero de 2019 de: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018188> .
- Espinosa, P. (1996). Raíces y tubérculos andinos cultivados marginados en el Ecuador. Quito. Recuperado el 5 de septiembre de 2018 de: https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1421&context=abya_yala.
- Gallegos, C. (2003). Botánica. México. Recuperado el 5 de septiembre de 2018 de: <https://mdc.ulpgc.es/cdm/ref/collection/botmaca/id/170>.
- Llinas, H. (2005). Estadística descriptiva y distribuciones de probabilidad. Colombia. Recuperado el 5 de septiembre de 2018 de: https://books.google.com.ec/books/about/Estadística_descriptiva_y_distribucion.html?id=3Tkb8HJ5toUC&redir_esc=y.
- López, G. (2002). Fenología y Agronomía del cultivo. Perú. Recuperado el 7 de febrero de 2018 de: http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/06_fenologia.pdf.
- Manrique, I. (2013). (*Tropaeolum tuberosum*) Ruíz & Pav. Perú. Recuperado el 3 de marzo de 2019 de: https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Mashua__Tropaeolum_tuberosum_Ruiz__amp__Pav._880.pdf.
- Manriquez, I. (1991). Fenología de lianas y árboles anemócoros en una selva de México. México. Recuperado el 21 de enero de 2019 de: <https://www.jstor.org/stable/2388201>.
- Martínez, A. (2005). *Effect of branch scoring on fruit development in Valencia*. Recuperado el 17 de abril de 2019 de: <https://doi.org/10.1080/14620316.2005.11511946> .
- Martínez, C. (1981). Plantas utilizadas en medicina en el No de correntes. Fundación Miguel Mass. Recuperado el 20 de febrero de 2019 de: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015040909>.

- Marzoca, A. (1985). Nociónes básicas de taxonomía vegetal. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado el 13 de abril de 2019 de: https://books.google.com.ec/books/about/Nociones_b%C3%A1sicas_de_taxonom%C3%ADa_vegetal.html?id=hhZ0SDbSdegC&redir_esc=y
- Moore, D. (2000). Estadística básica aplicada. España. Recuperado el 5 de septiembre de 2018 de: <https://books.google.com.pe/books?id=tKQwDgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.
- Perez, M. (2014). Tubérculos andinos y conocimiento agrícola local en comunidades rurales. Bogota. Recuperado el 17 de agosto de 2018 de: <http://www.scielo.org.co/pdf/cudr/v11n74/v11n74a08.pdf>.
- Pineda, L. (2004). Estadística novena edición. México. Recuperado el 23 de enero de 2018 de: https://www.academia.edu/7074681/Estad%C3%ADstica_9na_Edici%C3%B3n_-_Mario_F._Triola.
- Plaza, C. (2007). Efecto de la temperatura sobre las plantas. Recuperado el 13 de abril de 2019 de: <http://www.fao.org/3/x8234s/x8234s08.htm>.
- Seminario, J. (2003). Raíces Andinas: Contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Lima, Perú. Recuperado el 5 de septiembre de 2018 de: https://books.google.com.ec/books/about/Ra%C3%ADces_andinas_contribuciones_al_conoci.%C3%91C&redir_escy.
- Sharma, H. (2016). *Tropical Roots and tubers*. India. Recuperado el 5 de septiembre de 2018 de: <http://dx.doi.org/10.1002/9781118992739>.
- Stevens. (Junio de 2001). *Angiosperm Phylogeny Website*. Recuperado el 5 de septiembre de 2018 de: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.
- Suquilanda, M. (2012). Producción orgánica de cultivos andinos. Recuperado el 5 de septiembre de 2018 de: <http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/384373/>.

- Surco, F. (2004). Caracterización de almidones aislados de tubérculos andinos. Peru. Recuperado el 11 de junio de 2019 de: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/2588>.
- Tapia, M. (2007). Guía de campo de cultivos Andinos. Roma : Anpe. Recuperado el 9 de junio de 2019 de: <http://www.fao.org/3/ai185s/ai185s00.htm>.
- Valle, M. (2017). Caracterización morfológica y fenología en variedades de (*Tropaeolum tuberosum*) (mashua) de interés medicinal. Quito. Recuperado el 2 de octubre de 2018 de: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26125/1/Tesis-164%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20495.pdf>.
- Vallenas, M. (1992). Biología floral del isaño. Perú. Recuperado el 5 de septiembre de 2018 de: <http://www.vifabio.de/iqfBio/detail/1877>.
- Vásquez, J. (2012). *Decrease in spermatic parameters of mice treated with hydroalcoholic*. Perú. Recuperado el 31 de agosto de 2019 de: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro10/cap03_b.htm.
- Wang, Q. (2002). *Analysis of single leaf disks for chemopreventive glucosinolates*. Recuperado el 17 de febrero de 2019 de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12099105>
- Woźniak, A. (2018). *Effect of tillage systems on pea crop infestation*. Poland. Recuperado el 2 de octubre del 2018 de: <https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1533956>

ANEXOS

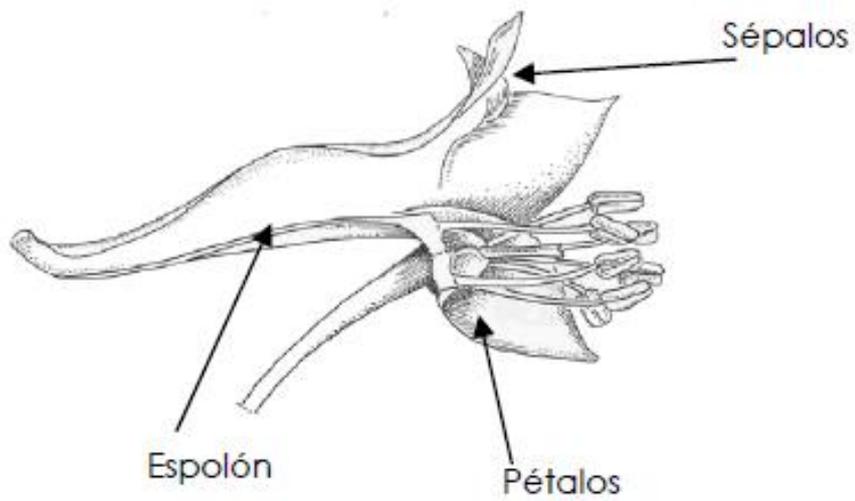


Figura 8. Corte longitudinal de la flor (*Tropaeolum tuberosum*) (Dibujo tomado de Boelcke y Vizinis, 1987).

