



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

FENOLOGÍA FLORAL DE LA OCA (*Oxalis tuberosa*) DE ACUERDO A LA
ESCALA (BBCH) COMO BASE PARA MEJORAS DE CADENAS
AGROPRODUCTIVAS.

Autora

Arleth Sophia Reina Campos

Año
2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

FENOLOGÍA FLORAL DE LA OCA (*Oxalis tuberosa*) DE ACUERDO A LA
ESCALA (BBCH) COMO BASE PARA MEJORAS DE CADENAS
AGROPRODUCTIVAS.

“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

Arleth Sophia Reina Campos

Año

2020

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Fenología floral de la oca (*Oxalis tuberosa*) de acuerdo a la escala (BBCH) como base para mejoras de cadenas agroproductivas, a través de reuniones periódicas con la estudiante Arleth Sophia Reina Campos, en el semestre 202010, 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
PhD Bioscience Engineering
C.I: 1710902162

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Fenología floral de la oca (*Oxalis tuberosa*) de acuerdo a la escala (BBCH) como base para mejoras de cadenas agroproductivas, de la estudiante Arleth Sophia Reina Campos, en el semestre 202010, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.



María Raquel Meléndez Jácome
Máster en Protección Vegetal y Fito Farmacia
C.I: 1709384067

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

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



Arleth Sophia Reina Campos
C.I: 1726187618

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, mi buen Jesús por todos los dones recibidos, por su amor, su paz y por darme la sabiduría para culminar ésta etapa tan importante.

A toda mi familia y amigos por su motivación durante toda la carrera, especialmente a mi madre Veronica por su esfuerzo y dedicación hacia mí.

A mi tutor Mauricio por su ayuda y guía para la realización de este proyecto.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la estación experimental “Santa Catalina”, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP); la misma que se localiza en el cantón Mejía a una altitud de 3058m.s.n.m. La precipitación de esta localización es de 1.342,6mm a una temperatura promedio que va desde los 6,8°C hasta los 22,6°C y sus coordenadas geográficas son 00° 22' S, 78° 33' W. La investigación sobre la fenología floral se realizó en el cultivo de la *Oxalis tuberosa* conocida como oca; trabajo que se realizó en tres accesiones proporcionadas por el INIAP. Por otra parte, el estudio de este cultivo se basó en la recopilación de información sobre las distintas etapas fenológicas de floración y fructificación de la oca mediante la toma de datos y fotografías que van a exponer el desarrollo de estas estructuras a través del uso de la escala BBCH.

Para obtener esta información se trabajó con tres accesiones de distintas variedades del cultivo de la oca, de las cuales se etiquetó 40 brotes de inflorescencias de cada accesión para darles un seguimiento e identificar el crecimiento de la yema latente, botón floral, flor, fruto y tubérculo. Con los datos obtenidos se pudo comprobar que en la variedad ECU-987 la etapa de floración duró 51 días acumulando 606,82 UT. Asimismo, en las variedades ECU-950 y ECU-952 la etapa de floración tuvo un periodo de duración de 56 días con una acumulación de 632,34 UT. Sin embargo, en cuanto a la cosecha de las variedades ECU-950 y ECU-987, ésta se realizó a los 206 días y de la variedad ECU-952 se realizó a los 247 días desde su siembra. Por otra parte, con el registro fotográfico de las estructuras reproductivas se elaboró una escala fenológica, la cual permite visualizar y codificar cada avance del crecimiento de la planta con el fin de crear el primer estudio fenológico de la oca mediante el uso de esta escala BBCH.

Palabras clave: Oca, fenología, inflorescencia, escala BBCH.

ABSTRACT

The current research was executed at “Santa Catalina” experimental station from National Institute of Agriculture Research, it is located on Mejía district in an altitude of 3058 meters above the sea, its precipitation is about 1,342 mm with an average temperature from 6.8 °C to 22.6 °C, the geographic coordinates are 00° 22’ S, 78° 33’ W. This research is about Floral Phenology of *Oxalis tuberosa* known as oca; this project was developed in three accessions provided by National Institute of Agriculture Research. In the other hand, this research about oca crop used data collection related to different phenological stages of flowering and fructification through pictures and data that show developing of these structures using BBCH scale.

To get his information, the research was applied in three different accessions of oca crop. Forty sprouts were tagged in order to follow and identify the development of latent yolk, flower bud, flower, fruit and tuber. Data gathering could help to check that in ECU-987 type, the flowering stage last 51 days stockpiled 608,82 UT. Also, in the varieties ECU-950 and ECU-952 the flowering stage had a period of duration of time 56 days with an accumulation of 632,34UT. However, related to the crop the ECU-950 and ECU-987 types lasted about 206 days and the ECU-952 lasted 247 days since their planting. Additionally, the photographic record about reproductive structures was made using a phenological scale which allow us to see and codify every growing advancement, in order to create the first phenological research related to oca crop using BBCH scale.

Key words: Oca, phenology, inflorescence, BBCH scale.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	3
1.2 Alcance.....	3
2. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1 Fenología	5
3.2 Escalas fenológicas.....	6
3.2.1 Escala BBCH	7
3.2.2 Unidades térmicas	8
3.3 Generalidades de la planta.....	9
3.3.1 Origen del cultivo	9
3.3.2 Taxonomía.....	10
3.3.3 Descripción botánica.....	10
3.3.4 Condiciones ambientales del cultivo	13
3.4 Floración	14
4. MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1 Material biológico	15
4.2 Material de campo.....	15
4.3 Material de laboratorio.....	16
4.4 Métodos	16

4.4.1	Localización del experimento.....	16
4.4.2	Parámetros estadísticos.....	16
4.4.3	Manejo del experimento.....	19
4.4.4	Variables a evaluar	20
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
5.1	Yema latente.....	23
5.2	Yema brotada	25
5.3	Botón floral	26
5.4	Flor	27
5.5	Fruto	30
5.6	Tubérculo.....	32
5.7	Desarrollo fenológico de las tres variedades del cultivo de la oca.....	34
5.7.1	ECU-950	34
5.7.2	ECU-952	37
5.7.3	ECU-987	41
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
6.1	Conclusiones.....	45
6.2	Recomendaciones	46
	REFERENCIAS.....	47
	ANEXOS	53

1. INTRODUCCIÓN

La BBCH es una escala moderna de origen alemán, creada de manera detallada y actualizada con la finalidad de exponer los distintos cambios fisiológicos en especies vegetales (Meier, 2018). A partir de ésta pueden crearse escalas de manera individual para especies cuyo estudio fenológico no se haya elaborado, entre las especies estudiadas a través de la escala BBCH se encuentran cereales como por ejemplo avena, trigo, maíz y cebada, frutales de hueso, hortalizas y tubérculos andinos como es el caso de la papa, la cual se utilizará como referencia para la identificación de las etapas de crecimiento que se producen en la oca (Bleiholder y otros, 2001).

En cuanto a los cultivos originarios de la región Andina se encuentran *Oxalis tuberosa* conocida comúnmente como oca o ibia y *Tropaeolum tuberosum* denominada mashua o cubio, los cuales han sido producidos por indígenas y campesinos de la región para su propio consumo (Cadmia y García, 2003). A lo largo de los años estos cultivos han sido de gran importancia para los pueblos originales de países como Ecuador, Colombia, Bolivia y Perú (Tapia, 1990).

Por consiguiente, es importante mencionar que la industria agraria de estos cultivos ha disminuido con peligro a desaparecer por factores como el cambio de costumbres alimentarias en las personas (Condori, Almanza, Gonzales y García, 2003). Esto ha generado una menor importancia en el consumo y por la demanda que exige el mercado de proporcionar un mayor desarrollo de cultivos rentables e importantes a escala comercial y agroindustrial, como es el caso de la papa (Clavijo, 2014).

Debido a estos factores existen escasas investigaciones relacionadas con el cultivo de la oca, las mismas se enfocan en exponer información botánica, nutricional, plagas y enfermedades (Gonzales, Terrazas, Almanza y Condori, 2003). Sin embargo, con relación al desarrollo fenológico de este tipo de planta no se ha registrado información, afectando a la optimización de prácticas

culturales en estos cultivos y evitando que este tubérculo andino pueda ser industrializado y producido a gran escala (Smith, 1999).

Por consiguiente, la falta de información fenológica de este cultivo perjudica a la innovación de procesos de hibridación que permitan el mejoramiento del cultivo con relación a sus características para el incremento de su productividad, resistencia a las variables climáticas, plagas, entre otras particularidades (Subirós, 2000). Por otra parte, la floración es importante para este cultivo debido a que es un indicador del proceso de tuberización de la planta. Estos dos procesos se encuentran controlados por condiciones climáticas ya que en los días que son cortos y su temperatura nocturna se encuentra baja el proceso se acelera (Pomar, 2002).

El inicio de la etapa de floración va a depender de los cambios climáticos relacionados con la zona geográfica en la que se desarrolla el cultivo, esto se da a consecuencia de las precipitaciones a la cual está expuesta la planta y sus particularidades fenológicas (Salazar, 1995). Además de la precipitación se debe tomar en cuenta que las unidades térmicas o unidades de calor es el número de grados Celsius presentes durante el desarrollo de ciertas estructuras de la planta (Lozano y Rodríguez, 2014).

El entorno en el que crecen los cultivos es un factor fundamental para el inicio de la etapa de floración. Se puede mencionar que en plantas nativas de los Andes esta etapa tarda debido a la altitud; por otra parte, en la plantas nativas de zonas tropicales la etapa de floración es más acelerada (Rozzi, Molina y Miranda, 1989).

La floración es una etapa importante durante el crecimiento de una planta debido a que indica la reproducción de su especie. Esta etapa en ciertas plantas solo se desarrolla por medio de fotoperiodos (horas luz) y en otras plantas puede producirse por medio de cualquier fotoperiodo; es decir por

duración de la noche o por otro tipo de factores ambientales que induzcan su desarrollo (Gilbert, 2003).

1.1 Justificación

El presente proyecto busca crear información referente a la fenología floral de la oca y ponerla al alcance de los actores del sector agrícola debido a que la información que se tiene de los cultivos de oca es escasa y en algunos casos es nula referente a su fenología floral. De esta manera, la investigación está encaminada a recabar datos precisos y de manera visual sobre las distintas etapas de floración y fructificación de la oca, así como la altitud, la precipitación a la cual está expuesta la planta, los grados días de desarrollo y su impacto termal.

La baja cantidad de consumo de los tubérculos andinos y su falta de información sobre su desarrollo fenológico, son algunas de las razones para crear información que permita conocer sus etapas y así proyectar este cultivo a una mayor escala industrial por su alto rendimiento de 12.000kg/ha (Fano y Benavides, 1992). El tubérculo de esta planta además posee un valor proteico que llega hasta los 13g/kg, siendo un cultivo ecológico y de bajo costo de mantenimiento (Alfaro y Salas, 1996). Por esta razón es importante recalcar que estos cultivos andinos a lo largo de la historia han contribuido en la sustentabilidad alimentaria de las comunidades andinas del país (González, Almanza, Oros y Devaux, 2003).

1.2 Alcance

Mediante este proyecto se plantea recabar información de las distintas etapas fenológicas de floración y fructificación de la oca (*Oxalis tuberosa*) a través de la observación, toma de datos y fotografías que expongan el desarrollo de estas estructuras para identificar los diferentes estadios haciendo uso de la escala BBCH. Se pretende establecer una base de datos que sea útil para

personas que deseen implementar este tipo de cultivos o estudiarlos en un futuro.

Es importante destacar que esta información va a ser la base para el estudio de este tubérculo andino y que este pueda producirse a gran escala debido a significativa fuente nutricional. Para que esto pueda generarse es importante la implementación de prácticas tecnológicas que permitan obtener plantas con características mejoradas en cuanto a su rendimiento y resistencia a diferencia de su especie inicial (Donini, 1982).

Por lo tanto, la importancia de recopilar información sobre la etapa de floración y fructificación de este cultivo es fundamental, de modo que permite aplicar nuevas tecnologías de fitomejoramiento a estos cultivos. La aportación de datos ayuda a identificar y aprovechar los cambios fenológicos florales de estos cultivos, esto permitiría mejorar los niveles de producción a una mayor escala a través del cruce de material genético que permita que estas plantas sean más resistentes a cambios climáticos, enfermedades y plagas (Herbas y otros, 2005).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Describir el desarrollo fenológico de la *Oxalis tuberosa* en la escala BBCH.

2.2 Objetivos específicos

Identificar las etapas de floración y fructificación de la *Oxalis tuberosa* mediante un registro fotográfico.

Determinar el impacto termal necesario para el cambio de las distintas fases de floración.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

A continuación, se expondrán los temas más relevantes a cerca del estudio fenológico del cultivo de la oca, su descripción botánica y la implementación de la escala BBCH en este proyecto.

3.1 Fenología

Es la disciplina que se encarga de investigar las etapas de floración y fructificación a través de tiempos específicos y su relación con los organismos bióticos como son las bacterias, plantas, animales y abióticos como es el agua, temperatura, humedad, suelo, fotoperiodo, entre otros (Alvarado, Foroughbakhch, Jurado y Rocha, 2002). Estos factores bióticos y abióticos se relacionan con la estacionalidad de la planta, permitiendo que surjan cambios durante su crecimiento y desarrollo como por ejemplo el crecimiento de botones florales, el cambio de coloración en las hojas, la floración y fructificación (Anaya, 2003).

Sin embargo, para el desarrollo fenológico en plantas anuales como en el caso de la oca, es fundamental que el cultivo tenga la suficiente disponibilidad de agua, esto permite el desarrollo continuo de cada una de sus etapas fenológicas (León, Coria y Cruz, 1996).

Durante el desarrollo fenológico del cultivo de la oca es importante la realización de distintas prácticas agronómicas con el objetivo de evitar daños en la misma que son ocasionados por enfermedades y plagas (Jacobsen y Sherwood, 2002). Por tal motivo es sustancial la rotación de cultivos, para así permitir que los residuos de nutrientes perduren en la tierra para el beneficio del nuevo cultivo (Barrera, Tapia y Montero, 2004).

Otra práctica agronómica muy necesaria es la fertilización del cultivo, con el objetivo de suplementar los nutrientes que no se encuentran disponibles en la tierra de manera natural pero que la planta los requiere para su desarrollo

vegetativo y reproductivo. Esta práctica favorece al crecimiento de los tubérculos, además evita la proliferación de enfermedades causadas por hongos (Jaramillo, Rios, González y Cotes , 2010).

En plantas con tubérculos se debe realizar una labor cultural denominada aporque, la cual debe ser aplicada en un periodo de 2 a 3 meses previo a su siembra (Montaldo, 1992). Ésta práctica consiste en colocar tierra alrededor de la planta y que sus tubérculos no se encuentren expuestos, evitando un mal desarrollo en los mismos (Pumisacho y Sherwood, 2002).

La cosecha de estos tubérculos se produce entre los 7 meses a 1 año terminado todo su ciclo vegetativo, sin embargo, este periodo depende de la altitud en la que se desarrolla la planta y al genoma de esta. Es muy importante determinar las características físicas que van presentando el cultivo para evitar que el periodo de cosecha se pase, debido a que los tubérculos pueden generar características indeseadas (Seminario, 2004).

3.2 Escalas fenológicas

Los primeros estudios fenológicos se encontraron en el siglo XVIII sobre la floración del cerezo y melocotonero en China y Japón. Entre los años de 1736-1925 los científicos Sparks y Carey descubrieron en Inglaterra alrededor de 200 estudios fenológicos de distintas especies, realizados por la familia Marsham durante varias generaciones de los cuales los científicos intervinieron en alrededor de 27 de éstos (Fernández, 2011).

Antiguamente los estudios fenológicos realizados eran específicamente acerca del desarrollo vegetativo y floral de los árboles frutales mediante la utilización de las tablas de Fleckinger creadas entre los años de 1945 a 1948 y las escalas numéricas de Frost y Soost creada en 1968. Estas escalas han sido la base para el análisis fenológico de distintas variedades de especies frutales. Sin embargo, no han surgido hasta la actualidad debido a poco acogimiento por ser muy específicas para el estudio de este tipo de especies, dejando a un lado

cultivos con gran importancia para su estudio (Porrás, Losana, Conesa, Legua y Pérez, 2002).

En la actualidad, la escala “*Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt y Chemical*” por sus siglas BBCH, es la escala más moderna de codificación que permite describir e identificar cada una de las etapas fenológicas de distintas especies de plantas. El objetivo de esta escala es de potencializar la producción, dar solución a problemas de plagas y enfermedades, además de proporcionar estrategias que permitan mejorar las condiciones del cultivo a través de información sobre sus distintos estadios (López y Peña, 2019).

3.2.1 Escala BBCH

La BBCH es una escala que pretende explicar de manera visual los distintos estadios que atraviesa una planta durante su crecimiento, exponiendo imágenes que son identificadas mediante códigos numéricos ordinales de dos dígitos y hasta tres dígitos (Bleiholder y otros, 2001).

En el primer dígito se encuentran las etapas generales de crecimiento como es la germinación, floración, fructificación, entre otros. Sin embargo, el segundo dígito es el estadio secundario que describe el porcentaje de desarrollo de cada una de las etapas generales. Por ejemplo, en el estadio 6 de floración existe un 20% de flores abiertas, esto se codificará como la etapa 62 de acuerdo a la escala BBCH (Meier, 2018).

La escala BBCH expone las principales fases del desarrollo de la planta en códigos numéricos del 0 al 9 y valores porcentuales de las fases cortas que describe el estadio secundario. Sin embargo, las etapas más relevantes durante el estudio de este proyecto son la floración y fructificación, las mismas que se encuentran codificadas con la numeración 6 y 7 respectivamente como se puede evidenciar en la tabla1.

Tabla 1.

Estadios generales de acuerdo con la BBCH.

Etapa principal	Fase fenológica
0	Germinación
1	Crecimiento de las hojas
2	Aparecimiento de brotes laterales
3	Desarrollo del tallo longitudinal
4	Crecimiento de partes vegetativas cosechables
5	Aparición de la inflorescencia
6	Etapa de floración
7	Crecimiento del fruto
8	Maduración de frutos y semillas
9	Muerte vegetal, inicio dormancia

Adaptado de (Bleiholder y otros, 2001).

En cuanto al código 6 de floración éste describe el crecimiento de la estructura floral hasta la finalización de la misma a través del tiempo para después exponer la etapa de fructificación que expone desde las primeras bayas visibles hasta alcanzar su mayor tamaño de fruto (Novartis, 1998).

3.2.2 Unidades térmicas

El impacto termal del ambiente sobre una planta es fundamental durante sus primeras etapas de desarrollo, debido a que es un método que permite identificar y estimar el tiempo de ocurrencia de los diferentes estadios de desarrollo de la planta como es el caso de la floración (Oraldi y otros, 2005).

En cuanto a los cambios fisiológicos que se generan en la planta se menciona que las unidades térmicas o unidades de calor favorecen al desarrollo de ciertas estructuras y se miden diferenciando la temperatura promedio diaria y la temperatura mínima a la cuales está expuesta la planta sobre la temperatura base en la cual la planta puede crecer. Sin embargo, estas unidades térmicas

pueden acelerar su desarrollo o por el contrario lo pueden retardar dependiendo de la cantidad de unidades térmicas que están presentes en la planta (Lozano y Rodríguez, 2014).

Es importante mencionar que las unidades de calor pueden servir como una herramienta para generar cambios esperados de una planta. Por ejemplo, agricultores de la zona costera exponen a temperaturas frías a plántulas de fresa con el objetivo de inducirlas a un buen desarrollo y crecimiento vegetativo. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que los cambios ásperos de temperatura pueden evitar que se desarrolle la etapa de floración y producción de su semilla (Gliessman, 2002).

3.3 Generalidades de la planta

En nuestro país el conocimiento sobre la oca es limitado debido a que las costumbres alimentarias han cambiado, perdiéndose así estos cultivos andinos por el poco aprovechamiento y uso. Al mismo tiempo estos han sido desplazados por cultivos con gran impacto industrial como es la papa (Emshwiller, 2002).

Por otra parte, pequeños agricultores aún continúan produciendo este tipo de tubérculos, de los cuales la gran mayoría son para consumo familiar, entre las características más buscadas por estos agricultores incluyen dos variables cruzadas relacionadas al color y textura (Espinoza y Abad, 1996).

3.3.1 Origen del cultivo

La oca (*Oxalis tuberosa*) es un tubérculo comestible, originario de la zona Andina el cual fue domesticado por los Incas desde antes de la llegada de los españoles. Este se halla desde la zona limitante de Venezuela con Colombia y termina en el sur de Argentina y se puede decir que la zona en la cual se domesticó es desde Ecuador hasta Bolivia donde se halla una gran diversidad de especies del mismo cultivo (Technology, 1989).

Debido a la zona andina en la que se ubican, este cultivo posee una gran resistencia a las bajas temperaturas. Esta planta pertenece al grupo de las dicotiledóneas, asimismo genera un buen rendimiento en suelos que tienen un pH que va desde 5,3 hasta 7,8. En cuanto a sus tubérculos, son muy apetecidos en México y Nueva Zelanda debido sus distintos colores y sabor dulce (Morillo, Morillo y Leguizamo, 2019).

3.3.2 Taxonomía

La taxonomía es la ciencia que pretende clasificar a las plantas de manera científica, según su diversidad evolutiva y vegetal, con el objetivo de que estas puedan ser identificadas de manera universal (Chiang, 1989).

En cuanto a la clasificación taxonómica de la oca se detallará a continuación.

Tabla 2.

Descripción taxonómica de Oxalis tuberosa.

Nombre común	Oca
División	Magnoliophyta
Clase	Dicotiledoneae
Orden	Geraniales
Familia	Oxalidaceae
Género	<i>Oxalis</i>
Especie	<i>Oxalis tuberosa</i>

Adaptado de (Jativa, 2012).

3.3.3 Descripción botánica

La oca es una planta anual herbácea, se encuentra ubicada en la clase de las dicotiledóneas y en la familia Oxalidaceae. Este cultivo es sembrado a través de tubérculos (Barrera, Tapia y Montero, 2004). Generalmente la planta alcanza hasta 1m de altura con tallos agrupados que nacen desde la parte inferior de la planta, éstos son delgados y poseen una estructura cilíndrica los

cuales varían en su coloración desde verde amarillento hasta púrpura dependiendo de su variedad (Suquilanda, 2007).

En cuanto a sus hojas éstas son compuestas, trifoliadas y se encuentran de manera alterna en el tallo. En cuanto a su peciolo es alargado y de color verde, pero éste puede cambiar de coloración según su variedad. Sus folíolos poseen una forma ovalada, siendo verde opaco su haz y verde brillante o morado en el envés (Barrera, Tapia y Montero, 2004).

Lo característico de esta planta son sus inflorescencias, las cuales surgen desde las axilas superiores de los tallos y que brotan en lo alto del follaje de la planta. Esta inflorescencia posee alrededor de 5 y 8 flores con 5 pétalos amarillos que van desde el sépalo, asimismo se pueden apreciar sus estambres y el polimorfismo de su flor que evita que esta se auto fecunde y que no comúnmente se formen semillas (Tapia, Castillo y Mazón, 1996).

En cuanto al fruto éste surge de la formación de flor a una cápsula que posee alrededor de 5 lóculos blanquecinos que miden aproximadamente 0,21 mm y que albergan alrededor de 1 a 3 semillas en cada uno. Este posee una forma ovoide con una superficie rugosa de color verdoso con un tamaño aproximadamente de 7 mm (Rosero, 2010).

Por otra parte, los tubérculos de este cultivo poseen formas cilíndricas ovoides o claviformes variando en su tamaño que va desde los 5 cm hasta los 15 cm. Éstos poseen un pericarpio delgado en el cual se pueden notar ojos que pueden ser superficiales o poco profundos, en cuanto a su mesocarpio varia en un color entre blanquecino y amarillo con una textura viscosa. Estos tubérculos poseen distintos tipos de colores y esto depende de la variedad del cultivo (Surco, 2004).

El valor nutricional del tubérculo de la oca es muy variable, estos pueden ser semejantes a los nutrientes de la papa o pueden sobrepasarlos. Sin embargo,

este tubérculo es muy rico en vitamina C (León, Villacorta y Pagador, 2011). A continuación, se detallará en la tabla 3 los componentes nutricionales que presenta el tubérculo de la oca en intervalos para conocer su variación porcentual. Así mismo se expresará en la tabla 4 las vitaminas y minerales que están presentes en la oca (León, Villacorta y Pagador, 2011).

Tabla 3.

Composición nutricional del tubérculo de la oca.

Componente	(g/100g)
Humedad	36,79
Fibra	0,78
Carbohidratos	10,41
Cenizas	0,78
Proteína	0,77

Adaptado de (León, Villacorta y Pagador, 2011).

Tabla 4.

Composición de vitaminas y minerales en 100g de tubérculo.

Componente	mg
Ca (calcio)	5
P (fósforo)	39
Fe (hierro)	0,9
Vitamina B1 (tiamina)	0,07
Vitamina B2 (niacina)	0,42
Vitamina C (ácido ascórbico)	38,4

Adaptado de (Cajamarca, 2010).

Estos tubérculos andinos son de gran importancia para la alimentación y subsistencia de comunidades y pueblos presentes en zonas de mayor altitud. Puede decirse que este tubérculo posee una baja presencia de lípidos y gran cantidad de carbohidratos, almidones y azúcares, los mismos que provocan en el organismo una fácil digestión (Espín, Villacrés y Brito, 1999).

La oca posee gran cantidad de aminoácidos que son imprescindibles para que el organismo humano genere una buena actividad gastrointestinal, entre los cuales se detalla en la tabla 5.

Tabla 5.

Compuestos aminoácidos presentes en el tubérculo de la oca.

Componente	Porcentaje
Histidina	16
Isoleucina	73
Leucina	42
Lisina	59
Treonina	74
Valina	72
Azúcar total	10
Azúcares reductores	8

Adaptado de (Cajamarca, 2010).

Por otra parte, el proceso de germinación de este cultivo no es realizado por medio de semillas botánicas sino a través de la germinación de los tubérculos de la misma hilera. Estos deben ser germinados en un periodo de 20 a 30 días luego de la cosecha, esperando el crecimiento de brotes denominados “ojos” o “ñaves”, los cuales deben ser cortos y macizos para la producción de nuevas plantas de la misma especie (Caicedo, 1990). Por otra parte, en cuanto a la germinación a través de las semillas botánicas de este cultivo no se ha encontrado investigaciones previas (Suquilanda, 2003).

3.3.4 Condiciones ambientales del cultivo

Esta planta se cultiva en la región Sierra del país recorriendo toda la línea ecuatorial, situada a una altitud entre 2.000 a 3.800 m.s.n.m. Sin embargo, este tipo de plantas pueden generar ciertas adaptaciones a altitudes mayores de las

que se les suelen cultivar, pero su rendimiento puede variar (Tapia y Fries, 2007).

Su adaptación a elevadas altitudes se debe a las características del suelo, debido a que la tierra es originaria de material volcánico, por lo cual tiene un contenido alto de materia orgánica, la cual ayuda a la fijación de fosfatos. Adicionalmente su textura es franca o arcillosa lo que le permite a la tierra retener gran cantidad de agua (Jaramillo, Rios, González y Cotes , 2010).

En cuanto a las exigencias nutricionales, el cultivo de la oca presenta una buena asimilación de fósforo, potasio y una tolerancia media al nitrógeno; a pesar de que la etapa fenológica en la que se realiza ésta fertilización se desconoce (Vladivia, Devaux, Gonzáles, Hijmans y Herbas 1998).

3.4 Floración

La floración es una etapa muy importante dentro del desarrollo de la planta debido a que marca el fin del crecimiento vegetativo para poder pasar al desarrollo reproductivo con el objetivo de poder persistir a través del tiempo. En plantas de ciclo anual esto también constituye el paso a la senescencia y posteriormente la muerte (Guevara y Víctor, 2006).

El inicio de la etapa de floración va a depender de los cambios climáticos relacionados con la zona geográfica en la que se desarrolla el cultivo, esto se da a consecuencia de las precipitaciones a la cual está expuesta la planta y sus particularidades fenológicas (Salazar, 1995).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la recopilación de datos e información visual del cultivo de la oca, se utilizaron los siguientes materiales.

4.1 Material biológico

Para la realización de este trabajo de investigación se utilizó 3 tipos de materiales biológicos de la oca expuestas a continuación en la Tabla 6, correspondientes a la Estación Experimental de Santa Catalina del INIAP.

Tabla 6.

Variedades de oca utilizadas para el estudio.

Variedad	Nº de plantas
ECU-950	13
ECU-952	15
ECU-987	12

4.2 Material de campo

A continuación, se detallan los materiales utilizados en campo para la recopilación de datos del cultivo de la oca.

- Rótulos
- Etiquetas de plástico
- Piola
- Marcador permanente
- Cuaderno de campo
- Esfero
- Lápiz
- Regla
- Tabla de colores
- Calibrador digital TACTIX
- Registrador de datos
- Cámara EOS rebel T6
- Guantes de caucho

- Azadilla

4.3 Material de laboratorio

- Estereoscopio
- Bisturí
- Pinzas
- Cajas Petri

4.4 Métodos

Se presenta a continuación los métodos empleados para explicar los resultados sobre el desarrollo fenológico de floración y fructificación del cultivo de la oca.

4.4.1 Localización del experimento

El trabajo de campo se realizó en la estación experimental “Santa Catalina” del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), situado en la vía de la panamericana Sur Km 1 del cantón Mejía. En cuanto a la precipitación de esta localización es de 1.342,6 mm a una temperatura promedio de 11,5°C y sus coordenadas geográficas son 00° 22' S, 78° 33' W y 2.050m.s.n.m (Veloz, 1996).

4.4.2 Parámetros estadísticos

Para el estudio de la información numérica recopilada se realizó un análisis mediante estadística descriptiva que permitió visualizar de manera gráfica el desarrollo de cada uno de los estadios de la etapa de floración y fructificación.

A continuación, se define cada uno de los parámetros estadísticos junto con su respectiva ecuación.

Rango: Es igual a la diferencia que existe entre valores ya sean mayores o menores de la variable (Fernández, Cordero y Córdoba, 2002).

$$\text{Rango} = x_{\max} - x_{\min}$$

(Ecuación 1)

max es el valor máximo de la muestra.

min es el valor mínimo de la muestra.

x es la variable por calcular.

Promedio: Es el valor central que se obtiene de datos que son sumados y divididos para el número total de datos (Fernández, Cordero y Córdoba, 2002).

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

(Ecuación 2)

Donde:

$\sum x_i$ es la sumatoria de los datos.

n es el número total de datos.

Mediana: Puede definirse como el valor que se halla en el punto medio de una serie de datos ordenados de menor a mayor (Triola, 2004).

$$\text{Med} = L_{i-1} + \frac{\frac{n}{2} - N_{i-1}}{n_i} A$$

(Ecuación 3)

Donde:

$\frac{n}{2}$ es la clase mediana.

L_{i-1} es el límite inferior.

N_{i-1} es la frecuencia acumulada.

n_i es la frecuencia absoluta.

A es la amplitud de la clase mediana.

Varianza: Muestra la variación que existe entre una sucesión de datos (Vargas, 1995).

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

(Ecuación 4)

Donde:

Σ es sumatoria.

x_i son los valores observados.

\bar{x} es el promedio de los datos observados.

n es el tamaño de la muestra.

Coeficiente de variación: Es la variación que existe entre la muestra y la media, esta es expresada en porcentaje (Vargas, 1995).

$$C.V = \frac{s}{\bar{x}}$$

(Ecuación 5)

Donde:

s es la desviación estándar.

\bar{x} es el promedio.

Desviación estándar: Es definida como la medida de dispersión que existe entre cada uno de los valores (Vargas, 1995).

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

(Ecuación 6)

Donde:

n es el tamaño de la muestra.

Σ es la sumatoria.

x_i son los valores observados.

\bar{x} es el promedio de los valores observados.

4.4.3 Manejo del experimento

Para la realización de esta investigación, se trabajó con tres accesiones de oca de distintas variedades ubicadas en la Estación Experimental de “Santa Catalina” del INIAP.

Se sembró estas plantas en época lluviosa para que la posea una buena disponibilidad de agua durante su crecimiento vegetativo, para esta siembra se utilizó alrededor de 2 a 3 tubérculos, con una distancia entre plantas de 20 a 30cm aproximadamente y entre accesiones de 1.10m.

Transcurrido un mes y quince días, se realizó una fertilización a las plantas con urea y un abono compuesto de 10-30-10. Es importante durante todo el desarrollo de la planta realizar constantemente el retiro de las malezas que puedan crecer alrededor de la misma.

Por otra parte, a los tres meses empezó el inicio de la etapa de floración y el crecimiento de sus tubérculos por lo tal razón se realizó un aporque para evitar la exposición de los mismos. Asimismo, se etiquetaron los brotes de inflorescencias para la recolección de datos desde yema latente hasta el fin de fructificación, durante toda la etapa fenológica también se tomaron fotografías que muestren dichos cambios por estadios y se llevaron 5 flores por accesión para la observación interna en el estereoscopio.

Al quinto mes inició la etapa de fructificación, para el análisis interno se recolectaron 5 frutos de las accesiones que presentaron fructificación y se llevó a laboratorio. Se realizó cortes transversales y longitudinales para la toma de medidas de su fruto y también fotografías por medio del estereoscopio.

En cuanto al análisis de los resultados se manejó estadística descriptiva mediante el programa Excel, en el que se mostrará los diagramas de desarrollo fenológico a través del tiempo.

4.4.4 Variables por evaluar

En la etapa de floración se procedió a etiquetar 40 inflorescencias por accesión para el registro de datos durante todo su desarrollo, durante el desarrollo de las primeras etapas de floración se realizó 2 veces por semana y durante la etapa final de floración 1 vez por semana hasta su cosecha, asimismo se registró la coloración de cada una de las estructuras y se tomó fotografías que permitan visualizar dichos cambios.

En la figura expuesta a continuación se presenta un ejemplo de la yema latente.



Figura 1. Unidades de medida tomadas de la yema latente.

Yema latente: Se tomó datos del diámetro polar y ecuatorial expresado en milímetros con un calibrador digital, en un periodo de dos veces por semanal.

A continuación, se presenta un ejemplo de yema brotada tomada desde el campo.



Figura 2. Unidades de medida tomadas de la yema brotada.

Yema brotada: Se registró la longitud y su diámetro ecuatorial con un calibrador digital expresado en milímetros, en un periodo de dos veces por semana.

En la figura expuesta a continuación se muestra el crecimiento del botón floral del cultivo de la oca.



Figura 3. Unidades de medida tomadas del botón floral y del pedúnculo, código 509 de la BBCH.

Botón floral: Se midió la longitud y el diámetro con un calibrador digital expresado en milímetros, asimismo se registró la longitud de su pedúnculo. Estos datos fueron registrados dos veces por semana.

A continuación, se presenta un ejemplo de la flor de la oca tomada de la variedad ECU-952.

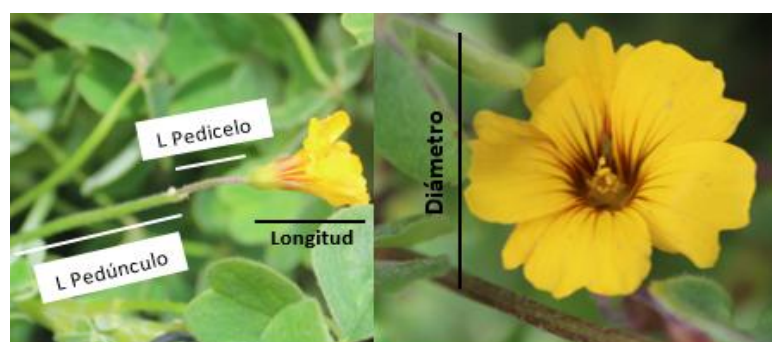


Figura 4. Unidades de medida tomadas de la flor, pedúnculo y pedicelo, código 601 de la BBCH.

Flor: A esta estructura se registró su longitud y diámetro utilizando un calibrador digital, expresado en milímetros, también se midió la longitud de su pedicelo

que va desde la bractéola hasta la base de la flor. Estos datos se registraron semanalmente.

En la figura expuesta a continuación se puede visualizar el fruto en forma de lóculo tomado desde el campo y la semilla del fruto.

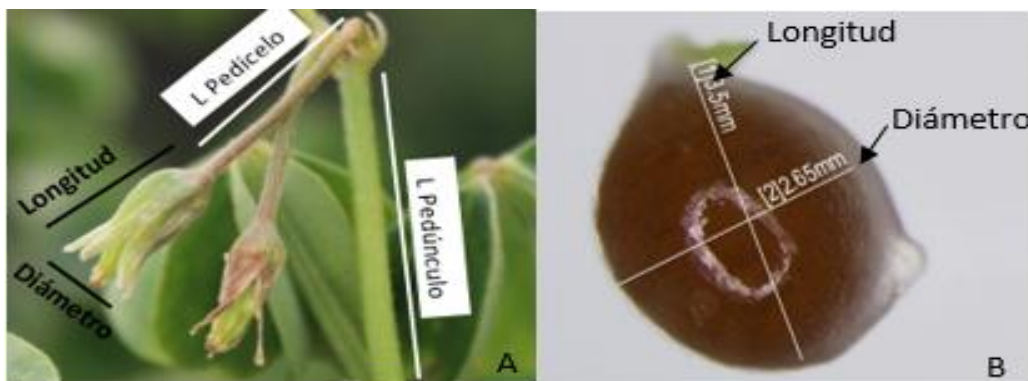


Figura 5. Unidades de medida de la flor marchita y del fruto, código 705 de la BBCH.

A: Flor marchita que empieza a gestar su fruto vista desde el campo.

B: Fruto maduro observado desde el estereoscopio.

Fruto: A esta estructura se le puede caracterizar como la formación de una cápsula de color verde, a la cual se midió su longitud y diámetro con ayuda de un calibre digital expresado en milímetros en un periodo de dos veces por semana.

A continuación, se presenta un ejemplo del tubérculo de la oca, variedad ECU-987.

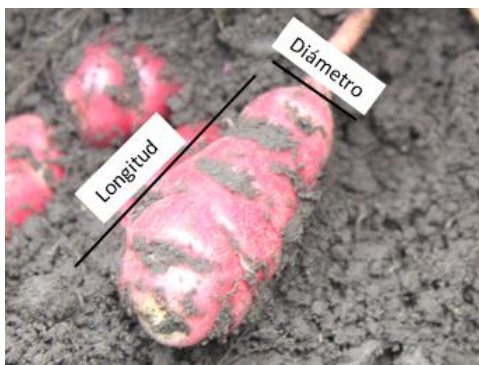


Figura 6. Unidades de medida tomadas del tubérculo de la oca.

Tubérculo: Se registró su crecimiento al iniciar la etapa de floración, se tomó medidas de su longitud y diámetro con ayuda de una regla expresada en centímetros, también se registró su coloración con la tabla de colores.

Unidades térmicas: Para la realización de éste cálculo se registraron las medidas de temperatura con ayuda de un registrador de datos de temperatura, expresado en °C, durante periodos de una hora en todo el desarrollo de la planta. Seguido esto se calculó la temperatura mínima y la temperatura máxima diaria, lo que permitió calcular las unidades térmicas que la planta recibió en sus distintos estadios.

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

(Ecuación 7)

Donde:

T_{max} es la temperatura máxima en el día.

T_{min} es la temperatura mínima en el día.

T_b es la temperatura base a la cual la planta puede estar expuesta.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a la exposición de resultados se utilizarán los parámetros estadísticos descritos antes y se evaluará cada uno de ellos con relación a los datos que se obtuvo de cada variable fenológica. Asimismo, se realizaron figuras que permitan visualizar el crecimiento de cada una de las estructuras a través del tiempo.

5.1 Yema latente

La yema latente de este cultivo nace de las axilas de los tallos, su latencia ayuda a que ésta pueda soportar las situaciones negativas del ambiente (Pinto, Lira, Ugalde y Pérez, 2002). El crecimiento de las yemas latentes presentes en

los tallos se siguió durante un periodo de 7 días con la finalidad diferenciar si éstas eran yemas vegetativas o de floración (Darquea, 2013).

Como se puede ver en la tabla 7, el promedio de las tres variedades de la yema latente con mayor longitud es de 1,63 mm y el promedio de la yema con menor longitud es de 1,15 mm. Por otra parte, el promedio del diámetro de mayor dimensión descrito en la tabla 8 es de 1,89 mm y el promedio del de menor dimensión es de 1,52 mm, convalidando con los datos que la forma de las yemas poseen una forma ovalada (Muñoz y Navarro, 2010).

De acuerdo con la desviación estándar de la longitud de la yema latente, expuesta en la tabla 7 y tabla 8, se puede demostrar que existe una variación mínima entre la muestra y los datos obtenidos, a pesar de que los cultivos son de tres variedades distintas.

Tabla 7.

Valores estadísticos de la longitud de la yema latente (mm).

Parámetros	ECU-950	ECU-952	ECU-987	Promedio
Rango	0,63	0,47	0,35	0,48
Máximo	1,68	1,68	1,53	1,63
Mínimo	1,05	1,21	1,18	1,15
Mediana	1,31	1,43	1,35	1,36
Desviación estándar	0,24	0,18	0,13	0,18
Varianza	0,07	0,04	0,02	0,04
CV%	0,17	0,12	0,09	0,13

Tabla 8.

Valores estadísticos del diámetro de la yema latente (mm).

Parámetros	ECU-950	ECU-952	ECU-987	Promedio
Rango	1,14	0,48	0,28	0,63
Máximo	1,96	1,37	1,23	1,52
Mínimo	0,82	0,89	0,95	0,89

Mediana	1,17	1,2	1,11	1,16
Desviación estándar	0,42	0,18	0,10	0,24
Varianza	0,24	0,04	0,01	0,10
CV%	0,33	0,16	0,10	0,19

5.2 Yema brotada

Se puede decir que las yemas presentes en la planta tienen la posibilidad de brotar con el objetivo de generar una flor y su fruto. Sin embargo, no todas llegan a generar fruto debido a la falta de nutrientes que la planta no asimila o a factores ambientales (Aliquó, Catania y Aguado, 2010).

En la tabla 9 se presenta que el promedio máximo de la longitud de la yema brotada de las tres variedades es de 3,96mm y su promedio mínimo es de 1,18mm. Asimismo en la tabla 10 el promedio del diámetro con mayor dimensión es de 3,93 y el promedio mínimo es de 0,87mm.

Concorde con los resultados obtenidos en este estudio, Darquea (2013) describe a las yemas brotadas con forma alargada y ovoide. Por otra parte el porcentaje del coeficiente de variación no tuvo mucha alteración entre las tres variedades, dando como resultado una pequeña diferencia entre la longitud y el diámetro de estas yemas brotadas.

Tabla 9.

Valores estadísticos de la longitud de la yema brotada (mm).

Parámetros	ECU-950	ECU-952	ECU-987	Promedio
Rango	2,93	2,65	2,76	2,78
Máximo	3,98	3,97	3,94	3,96
Mínimo	1,05	1,32	1,18	1,18
Mediana	3,28	3,29	3,12	3,23
Desviación estándar	0,58	0,48	0,51	0,52
Varianza	0,34	0,23	0,26	0,28

CV%	0,18	0,15	0,17	0,17
-----	------	------	------	------

Tabla 10.

Valores estadísticos del diámetro de la yema brotada (mm).

Parámetros	ECU-950	ECU-952	ECU-987	Promedio
Rango	3,14	2,99	3,03	3,05
Máximo	3,92	3,88	3,98	3,93
Mínimo	0,78	0,89	0,95	0,87
Mediana	2,37	2,63	2,86	2,62
Desviación estándar	0,68	0,64	0,64	0,65
Varianza	0,46	0,41	0,41	0,43
CV%	0,28	0,25	0,23	0,25

5.3 Botón floral

El estado de floración de la planta empieza con el crecimiento del botón floral. A medida que este va creciendo sus órganos femeninos comienzan a desarrollarse y a receptar el polen, sin embargo, aún no ocurre la antesis (Temple, 1990). En el caso de la oca, los botones florales surgen en forma de racimos.

El botón floral del cultivo de la oca presentó un promedio en cuanto a su longitud de 10,88mm con una desviación estándar de 1,14mm como se muestra en la tabla 11. De la misma manera el promedio del diámetro de las tres accesiones es de 3,61mm con una desviación estándar de 0,29 mm puesto en la tabla 12. En cuanto a la desviación estándar de las dos dimensiones, se puede decir que no existe mucha variación entre las variedades y sus medidas.

De acuerdo con el resultado de las dimensiones el botón floral posee una forma elipse, siendo alargado y poco ancho. Sin embargo, durante el desarrollo longitudinal de este brote igualmente su diámetro va aumentando en grosor. Esta estructura se encuentra en el estadio 5, código 501 según la escala BBCH (Bleiholder y otros, 2001).

Tabla 11.

Valores estadísticos de la longitud del botón floral (mm).

Parámetros	ECU-950	ECU-952	ECU-987	Promedio
Rango	5,31	5,17	10,07	6,85
Máximo	14,73	13,69	14,32	14,25
Mínimo	9,42	8,52	4,25	7,40
Mediana	10,55	10,37	11,72	10,88
Desviación estándar	1,18	0,97	1,28	1,14
Varianza	1,40	0,96	1,65	1,33
CV%	0,11	0,07	0,11	0,09

Tabla 12.

Valores estadísticos del diámetro del botón floral (mm).

Parámetros	ECU-950	ECU-952	ECU-987	Promedio
Rango	0,98	1,62	0,89	1,16
Máximo	3,99	3,98	3,94	3,97
Mínimo	3,01	2,36	3,05	2,81
Mediana	3,57	3,57	3,68	3,61
Desviación estándar	0,28	0,28	0,32	0,29
Varianza	0,08	0,08	0,10	0,09
CV%	0,08	0,08	0,09	0,08

5.4 Flor

Los botones florales cuando llegan al final de su desarrollo se abren. Sus inflorescencias son de tipo umbela con alrededor de 5 a 8 flores, las mismas que se caracterizan por sus 5 pétalos amarillos. En concordancia con otros estudios presentados sobre la floración de la papa, esta etapa es el inicio de la tuberización de la planta expuesto por los autores (Román y Hurtado, 2002).

En cuanto al promedio longitudinal de las tres accesiones de esta estructura es de 15,04 mm con una desviación estándar de 1,65 mm expuesto en la tabla 13 y un diámetro de 3,77 mm con una desviación estándar de 0,43 mm presentado en la tabla 14. La flor muestra dimensiones estables hasta que ésta fructifique o sea abortada (Corredor y García, 2011). Por otra parte, esta etapa se clasifica como la sexta fase fenológica con codificación 600 según la escala BBCH (Meier, 2018).

Tabla 13.

Valores estadísticos de la longitud de la flor (mm).

Parámetros	ECU-950	ECU-952	ECU-987	Promedio
Rango	7,94	7,39	7,82	7,72
Máximo	17,29	18,62	18,6	18,17
Mínimo	9,35	11,23	10,78	10,45
Mediana	12,27	15,74	17,12	15,04
Desviación estándar	1,75	1,24	1,96	1,65
Varianza	3,11	1,56	3,93	2,87
CV%	0,14	0,08	0,12	0,11

Tabla 14.

Valores estadísticos del diámetro de la flor (mm).

Parámetros	ECU-950	ECU-952	ECU-987	Promedio
Rango	2,62	1,78	1,99	2,13
Máximo	5,37	4,87	4,83	5,02
Mínimo	2,75	3,09	2,84	2,89
Mediana	3,72	3,65	3,94	3,77
Desviación estándar	0,45	0,41	0,43	0,43
Varianza	0,21	0,17	0,19	0,19
CV%	0,12	0,11	0,11	0,11

En la figura 7 se presentan los diagramas reproductivos de la flor de la oca observada desde el estereoscopio digital, su longitud total es de 8,06 mm con

un diámetro de 3,46 mm expuesto en la tabla 13 y 14. Por otra parte, se puede observar que el diámetro mayor de las anteras superiores es de 0,83mm con un diámetro menor de 0,75 mm y que poseen un color amarillo, sin embargo, de las anteras inferiores poseen un diámetro menor de 0,48 mm.

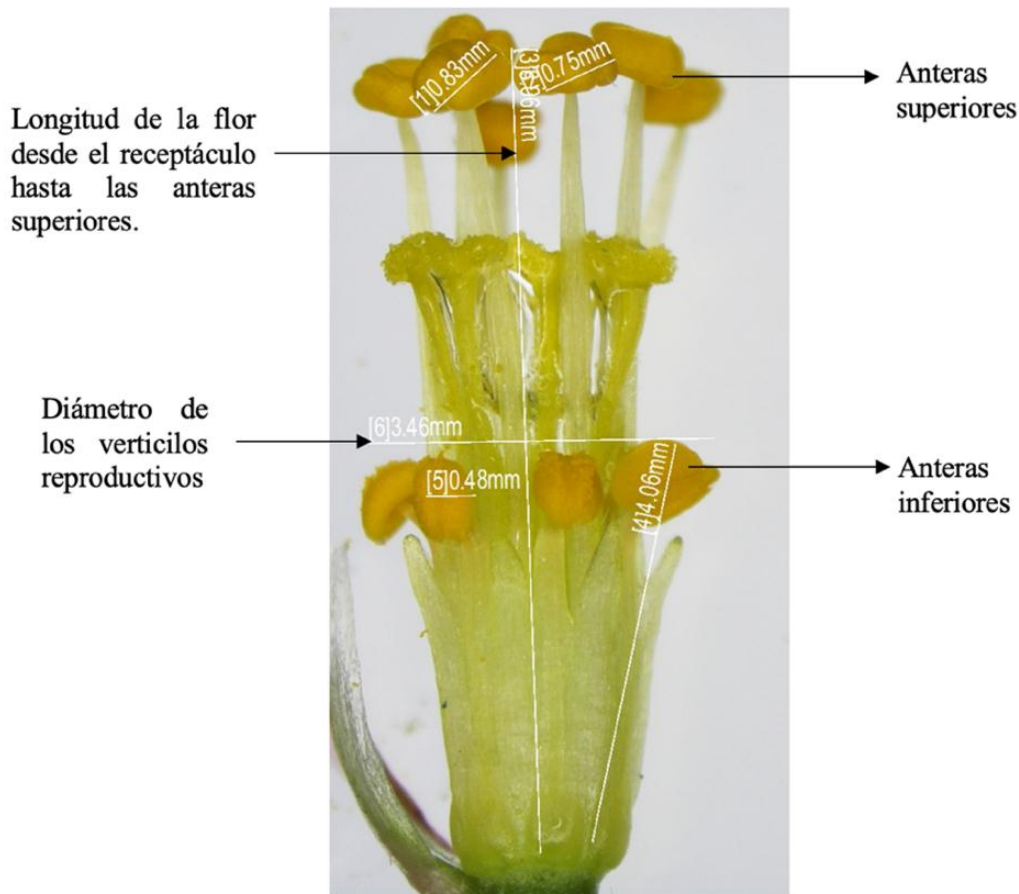


Figura 7. Detalle de la dimensión de los verticilos reproductivos accesión 952.

Según Charles Darwin (2009), en su libro menciona que a este tipo de flores se le puede denominar como heterostilia por su especie tristilos, debido a la presencia de tres morfos en forma mesostilia. A esta se le denominada así por la ubicación del estilo ya que se encuentra en medio del verticilo superior e inferior de las anteras (Barrett y Arroyo, 2012).

Se puede decir que las plantas con estas características florales son perennes y clonales con gran dificultad de movimiento del polen entre sus morfos,

contrariando su reproducción debido a la ubicación de sus anteras y estigma (Ferrero, 2014).

5.5 Fruto

Cuando la flor es fecundada ya sea que esta se encuentre abierta o semi abierta, sus pétalos se caen para formar una cápsula verde que va a albergar a las semillas (León, Coria y Cruz, 1996). En la formación de esta cápsula la estructura floral va a empezar a marchitarse y a disminuir en tamaño y diámetro como se muestra en las tablas 15 y 16. Todo esto se puede corroborar con estudios de floración presentados en el cultivo de papa, debido a que estas flores se abren por un periodo de 2 a 5 días hasta ser fecundadas, luego sus pétalos caen para formar una baya que albergue a las semillas (Román y Hurtado, 2002).

El fruto de esta planta tuvo un promedio longitudinal de 10,30 mm con un promedio longitudinal máximo de 11,94 mm y mínimo de 8,98 mm descrito en la tabla 15. En cuanto al promedio de su diámetro este es de 3,45 mm con un promedio de dimensión máxima de 3,69 mm y mínima de 3,11 mm expuesto en la tabla 16. Esta etapa se clasifica como la séptima fase fenológica o de formación de fruto, código 705 según la escala BBCH (Enz y Dachler, 1998).

Tabla 15.

Valores estadísticos de la longitud del fruto (mm).

Parámetros	ECU-950	ECU-952	ECU-987	Promedio
Rango	4,06	1,31	3,5	2,96
Máximo	13,20	11,32	11,3	11,94
Mínimo	9,14	10,01	7,8	8,98
Mediana	10,59	10,67	9,64	10,30
Desviación estándar	0,91	0,66	1,22	0,93
Varianza	0,88	0,86	1,65	1,13
CV%	0,09	0,06	0,13	0,09

Tabla 16.

Valores estadísticos del diámetro del fruto (mm).

Parámetros	ECU-950	ECU-952	ECU-987	Promedio
Rango	0,92	0,21	0,61	0,58
Máximo	3,95	3,69	3,43	3,69
Mínimo	3,03	3,48	2,82	3,11
Mediana	3,6	3,585	3,155	3,45
Desviación estándar	0,32	0,11	0,20	0,21
Varianza	0,11	0,02	0,05	0,06
CV%	0,09	0,03	0,06	0,06

Como se puede ver en figura 8, el fruto de la oca obtenido del campo y visualizado desde un estereoscopio digital.



Figura 8. Imágenes del fruto de la oca tomadas desde el estereoscopio digital. A: fructificación de oca (*Oxalis tuberosa*), B: detalle de la semilla.

En esta fotografía se puede observar al fruto en forma de cápsula que es formado por los sépalos de la flor y que albergan al fruto maduro (Yampara, 2007). El color de los sépalos es verde amarillento y su es código 145C de acuerdo con la escala de colores del Royal Horticultural Society (2015).

En esta figura se observa al fruto maduro, este es carnoso y posee una forma ovoide, su longitud es de 1,96 mm y su diámetro polar es de 1,75 mm, sin embargo, estas dimensiones pueden variar (IPGRI/CIP, 2001).

5.6 Tubérculo

La etapa de tuberización de la oca inicia juntamente con la etapa de floración, este tubérculo es fuente de energía y además posee gran cantidad de nutrientes (Pelate, 2013). se destaca mayormente con otros tubérculos en su contenido de vitamina C con un total de 37mg, en cuanto al melloco, este posee un contenido de vitamina C de 23 mg (Zhunio, 2019). Por otra parte, la papa es el tubérculo más consumido industrialmente, sin embargo su contenido de vitamina C es de 16,8 mg (Soto, 2017).

De acuerdo con los datos obtenidos se puede decir que el promedio de la longitud máxima de los tubérculos de estas tres variedades de tubérculos es de 136,40 mm y su longitud mínima es de 29,39 mm con una desviación estándar de 24,33 mm. Esto quiere decir que la medida de dispersión entre los datos es muy notoria, así como se puede evidenciar en la tabla 17.

Por otra parte en la tabla 18 se pudo evidenciar que el promedio máximo del diámetro entre las tres variedades es de 38,95 mm y el mínimo es de 19,79 mm con una desviación estándar de 4,05 mm, teniendo una baja dispersión entre los datos de su diámetro.

Tabla 17.

Valores estadísticos de la longitud de los tubérculos (mm).

Parámetros	ECU-950	ECU-952	ECU-987	Promedio
Rango	110,31	82,90	127,81	107,01
Máximo	133,02	120,40	155,78	136,40
Mínimo	22,71	37,50	27,97	29,39
Mediana	66,10	75,12	72,84	71,35
Desviación estándar	25,23	21,74	26,02	24,33
Varianza	646,48	480,11	687,91	604,83
CV%	0,36	0,29	0,34	0,33

Tabla 18.

Valores estadísticos del diámetro de los tubérculos (mm).

Parámetros	ECU-950	ECU-952	ECU-987	Promedio
Rango	19,62	17,10	20,75	19,16
Máximo	41,44	36,52	38,88	38,95
Mínimo	21,82	19,42	18,13	19,79
Mediana	34,07	26,26	24,81	28,38
Desviación estándar	4,31	4,27	3,56	4,05
Varianza	18,83	18,56	12,88	16,76
CV%	0,13	0,16	0,14	0,14

En la figura 9 se exponen de manera visual los tubérculos de tres variedades, los cuales se describirán a continuación.



Figura 9. Tubérculos de tres variedades del cultivo de la oca. A: variedad ECU-950, B: variedad ECU-952, C: variedad 987.

El tubérculo perteneciente a la variedad ECU-950, posee un color predominante amarillo código 10C y un color superficial rosáceo 38A de acuerdo con la escala de colores del Royal Horticultural Society (2015). Asimismo, puede decirse que su color secundario se distribuye de manera irregular sobre esta variedad de tubérculos y posee una forma claviforme (IPGRI/CIP, 2001).

El tubérculo de la variedad ECU-952, posee únicamente un color predominante código 158B de acuerdo con la escala de colores del Royal Horticultural

Society (2015). Este tubérculo posee una forma ovoide y algunos tienen forma alargada (IPGRI/CIP, 2001).

El tubérculo de la variedad ECU-987, la tonalidad principal de su superficie es 38A y presenta un segundo color que es blanco amarillento código 158B que se encuentra distribuido alrededor de sus ojos, el código se tomó de la escala de coloraciones Royal Horticultural Society (2015). Por otra parte, se puede decir que la forma de estos tubérculos es cilíndrica y en algunos casos es claviforme (IPGRI/CIP, 2001).

5.7 Desarrollo fenológico de las tres variedades del cultivo de la oca

A continuación, se describirá mediante curvas de crecimiento el desarrollo individual de floración y fructificación de las tres accesiones del cultivo de la oca, asimismo se expondrá de manera visual dicho desarrollo mediante el uso de la escala BBCH.

5.7.1 ECU-950

En la figura 10 se expone el crecimiento del pedúnculo representado con la línea azul y del pedicelo representado con la línea naranja. Estas dos estructuras poseen un color verde semi amarillo con codificación 137A de acuerdo con la escala de colores del Royal Horticultural Society (2015).

Asimismo, puede mencionarse que el pedúnculo es un tallo que se conecta por medio de bractéolas con el pedicelo, parte que soporta a la flor, por ende, este desarrolla una mayor longitud a través de toda su etapa fenológica (Huaranca, 2010).

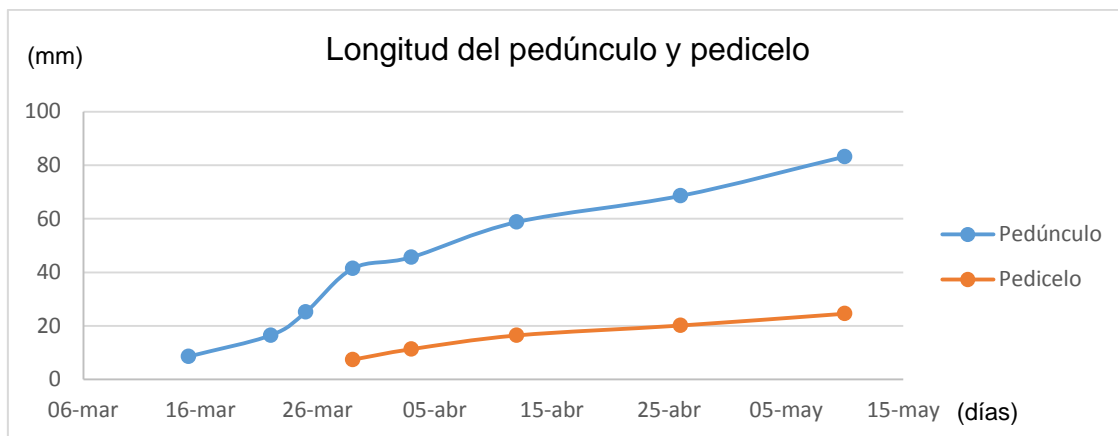


Figura 10. Línea de crecimiento del pedúnculo y pedicelo a través del tiempo.

Según la figura 10 puede se puede indicar que el crecimiento longitudinal máximo que tuvo el pedúnculo es de 83,21 mm, mientras que la longitud máxima del pedicelo de esta accesión es de 24,54 mm.

La figura 11 descrita a continuación expone una curva de crecimiento sobre el desarrollo fenológico de la flor de la oca de la accesión ECU-950. La línea azul representa el crecimiento longitudinal y la línea naranja el crecimiento de su diámetro polar. Por otra parte, el eje Y representa las dimensiones de cada estructura expresada en milímetros (mm) y el eje X representa el tiempo expresado en días.

Según la curva de crecimiento la etapa de floración tuvo una duración de 32 días con una acumulación 334,27 UT, hasta esta fase sus flores se semi abrieron y otras se abrieron completamente. Al ser fecundada su flor se despojó de sus pétalos e inició la formación de su fruto, esta etapa tuvo una duración de 24 días con una acumulación de 632,44 UT como puede evidenciarse en la figura 12.

En esta figura se puede apreciar además fotografías tomadas durante la recolección de datos, las cuales muestran cada fase fenológica desde su yema latente hasta la fructificación. Asimismo, la figura 12 expone el cálculo de las

unidades térmicas acumuladas que necesitó cada estructura para su crecimiento y desarrollo, esta se encuentra expresada en días.

Según Yampara, (2007), esta flor es pentámera con menos del 50% de los pétalos sobrepuestos, el color de sus sépalos es verde código 137A, sus pétalos son de color amarillo claro código 13A de acuerdo con la escala de colores del Royal Horticultural Society (2015).

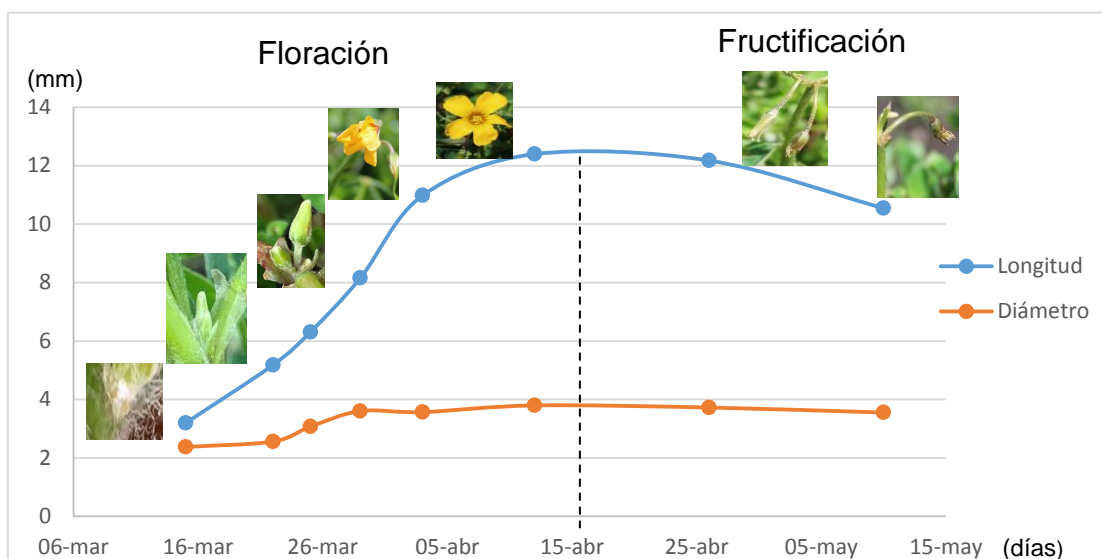


Figura 11. Desarrollo total de la inflorescencia. Línea azul representa la longitud y la línea naranja representa el diámetro.

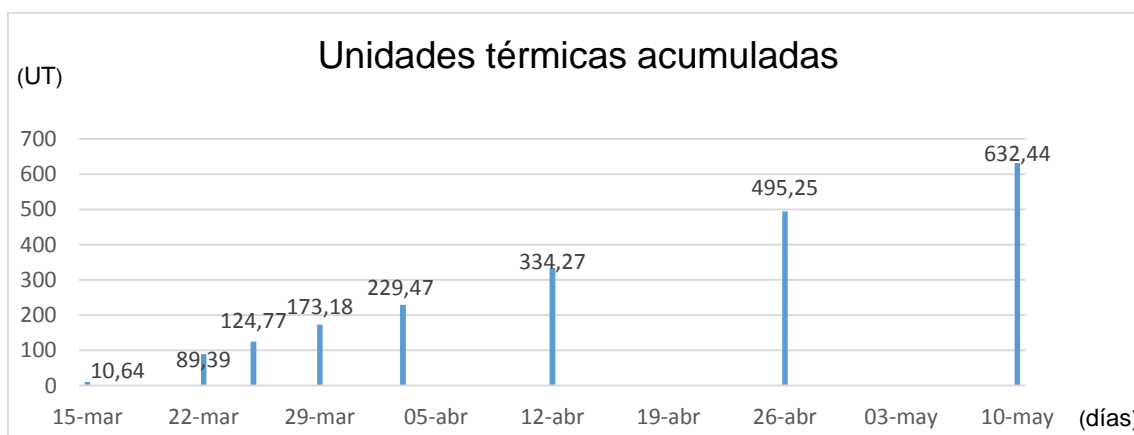


Figura 12. Unidades de calor acumuladas en distintos estadios fenológicos de la oca (*Oxalis tuberosa*).

En la figura 13 se puede observar la descripción visual de cada etapa fenológica de la accesión ECU-950 del cultivo de la oca según la escala BBCH.









			
501	502	505	509
Crecimiento del botón floral de 1 a 2mm y aparición del pedúnculo.	Crecimiento de los botones florales hasta 5mm de longitud.	Crecimiento del pedúnculo y aparición del pedicelo de cada botón floral.	Aparición de los primeros pétalos de la flor.
			
600	609	700	709
Primera flor abierta.	Fin de la floración.	Primer fruto de la oca visible.	Finalización del crecimiento del 90% de los frutos

Figura 13. Escala visual según la BBCH del cultivo de la oca, variedad ECU-950.

5.7.2 ECU-952

En la figura 14 expuesta a continuación se puede observar el crecimiento longitudinal del pedúnculo y del pedicelo de las inflorescencias del cultivo de la oca. La línea azul representa el crecimiento del pedúnculo y la línea naranja representa la longitud del pedúnculo durante toda la etapa de floración y fructificación.

Según la curva de crecimiento la longitud máxima del pedúnculo de esta variedad es de 84,66mm mientras que la del pedicelo es de 26,09mm, siendo estas dimensiones mayores que el cultivo ECU-950 y menores a la variedad ECU-987.

En cuanto al color del pedúnculo y del pedicelo de esta variedad de cultivo es verde claro código 145C de acuerdo con la escala de colores del Royal Horticultural Society (2015). La coloración de estas dos estructuras puede visualizarse en las imágenes expuestas en la figura 17.

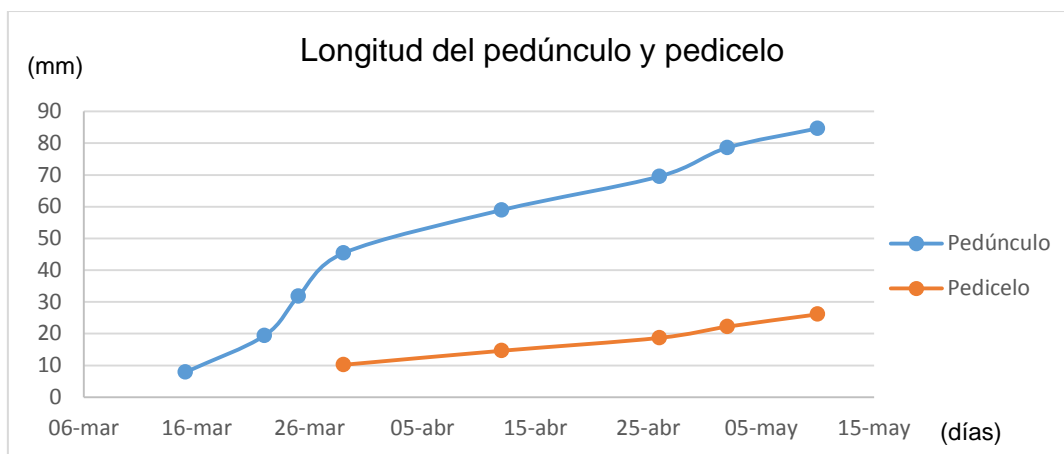


Figura 14. Línea de crecimiento del pedúnculo y del pedicelo.

La figura 15 expuesta a continuación especifica el crecimiento longitudinal representado por la línea azul y el desarrollo de su diámetro expresado por la línea naranja. La figura muestra en la coordenada Y el crecimiento expresado en milímetros (mm) y la coordenada X el número de visitas expresado en días.

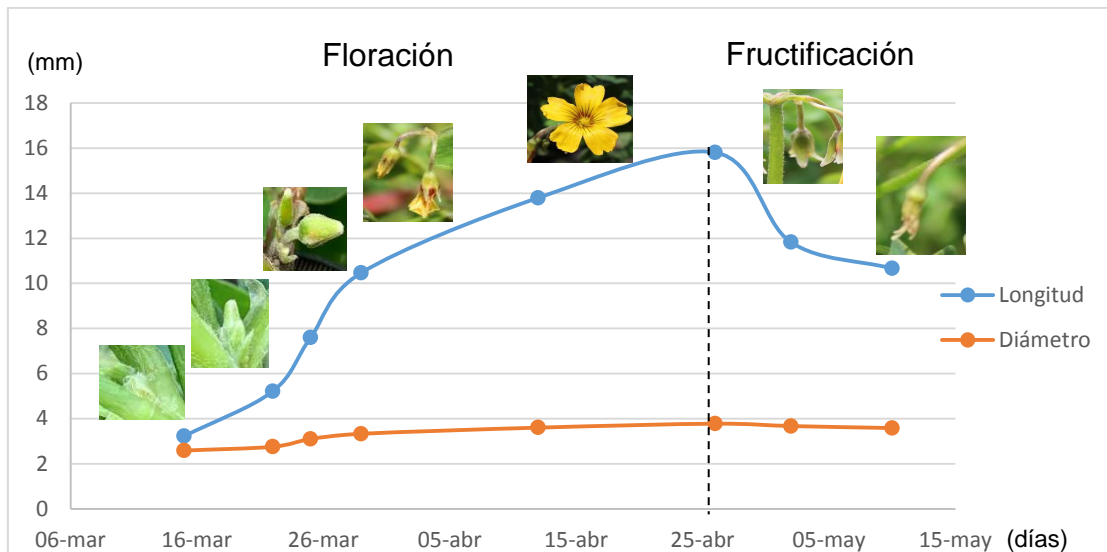


Figura 15. Curva de desarrollo fenológico de la variedad de la oca ECU-952.

La curva de crecimiento muestra de manera gráfica el desarrollo de todas las fases de floración, sin embargo, en su descenso se puede decir que la planta entró en la etapa de floración, debido a que la flor se despoja de sus pétalos y se forma una cápsula que albergará al fruto (Huaranca, 2010).

En cuanto a la curva de crecimiento de esta variedad, la etapa de floración tuvo un periodo de 42 días acumulando un total de 495,25 unidades de calor. Por otra parte, la curva desciende en la sexta visita exponiendo así la etapa de fructificación misma que tuvo un periodo de 14 días con un total de 632,44 unidades de calor acumuladas expuestas en la figura 16, como se puede comparar con el periodo de floración del cultivo de la papa, etapa que dura entre 45 a 60 días (Román y Hurtado, 2002).

De igual forma en la figura 15 se exponen imágenes que permiten visualizar el estado de desarrollo que presentó cada estructura según su etapa de crecimiento.

La flor de esta variedad según el IPGRI/CIP (2001), tiene una forma pentagonal, sus pétalos se encuentran sobrepuestos en entre un 25 a 30%, el color de su sépalo es verde amarillento 137B, sus pétalos son amarillos

oscuros código 14A de acuerdo con la escala de colores del Royal Horticultural Society (2015).

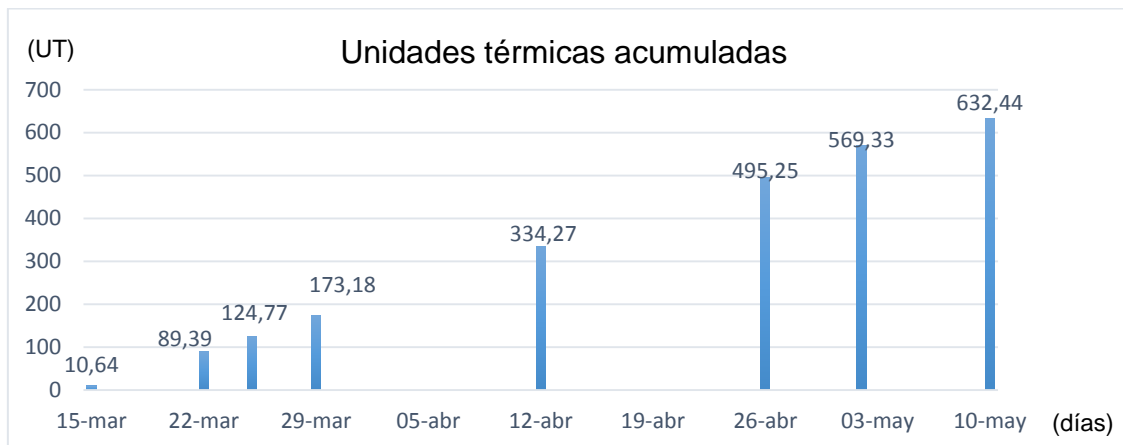






Figura 16. Unidades térmicas acumuladas.

En la figura 17 se expone de manera visual el desarrollo floral y reproductivo de la planta de la oca según la escala BBCH, especificando sus fases más relevantes.

			
501	505	506	507
Crecimiento del botón floral de 1mm hasta 2mm y aparición del pedúnculo.	Botón floral con hasta 5mm de longitud, crecimiento del pedúnculo.	Crecimiento de los botones florales y su pedúnculo.	Aparición del pedicelo de cada botón floral.





			
509	600	609	700
Pétalos visibles de la inflorescencia.	Primeras flores abiertas.	Fin de floración, flor comienza a marchitarse y a despojarse de sus pétalos.	Primera fructificación visible, su ovario se empieza a engrosar.

Figura 17. Escala visual según la BBCH del cultivo de la oca, variedad ECU-952.

5.7.3 ECU-987

En la figura 18 expuesta a continuación, se puede visualizar el crecimiento longitudinal del pedúnculo representado con la línea azul y su pedicelo representado por la línea naranja.

Se puede decir que de acuerdo con la figura 18 el crecimiento máximo del pedúnculo de esta variedad de cultivo de oca es de 118,02, mientras que el crecimiento máximo del pedicelo es de 19,61mm.

Por otra parte, se puede mencionar que el color de estas dos estructuras es de rojo vino código 187B de acuerdo con la escala de colores del Royal Horticultural Society (2015). Adicionalmente, la coloración del pedúnculo y pedicelo puede visualizarse en la figura 21.

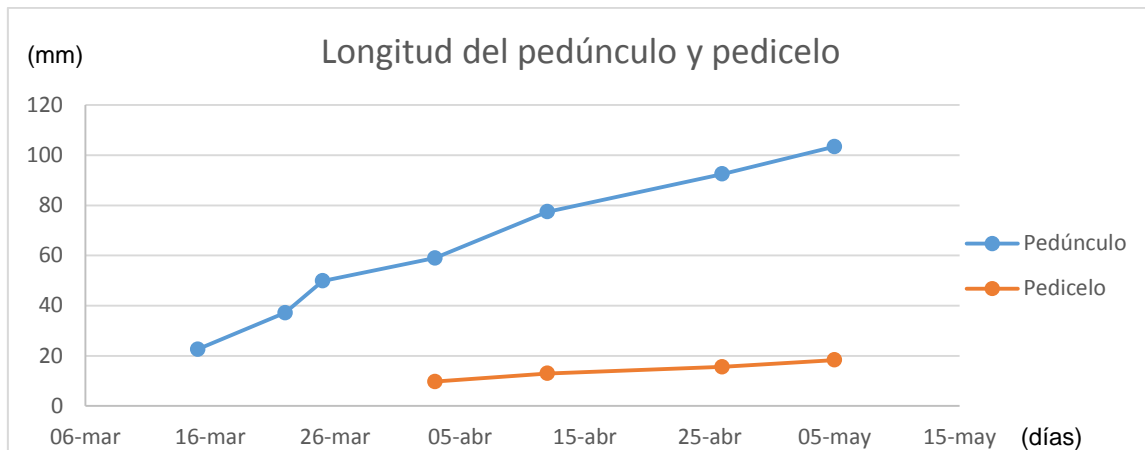


Figura 18. Líneas de crecimiento longitudinal del pedúnculo y del pedicelo de la flor.

En la figura 19 se expone el desarrollo de floración y fructificación, señalando mediante la línea azul el crecimiento longitudinal de la flor y el fruto y mediante la línea naranja el diámetro según su longitud y su etapa fenológica. En el eje X se expone la longitud máxima alcanzada por estas estructuras expresado en milímetros (mm) y en el eje Y se expresado en días.

Por otra parte, en la figura se muestran fotografías tomadas en el campo que representan cada una de las fases de floración y fructificación. Adicionalmente en esta variedad de cultivo se puede diferenciar la coloración de su pedúnculo, pedicelo y flor a comparación de las variedades anteriormente expuestas.

Con respecto a las curvas de crecimiento puede decirse que el período de floración de esta variedad tuvo un periodo de 28 días con una acumulación de 334,27 unidades de calor, sin embargo, la etapa de fructificación tuvo un periodo de 21 días hasta la finalizar el crecimiento de su fruto acumulando 606,82 unidades de calor, así como se muestra en la figura 20.

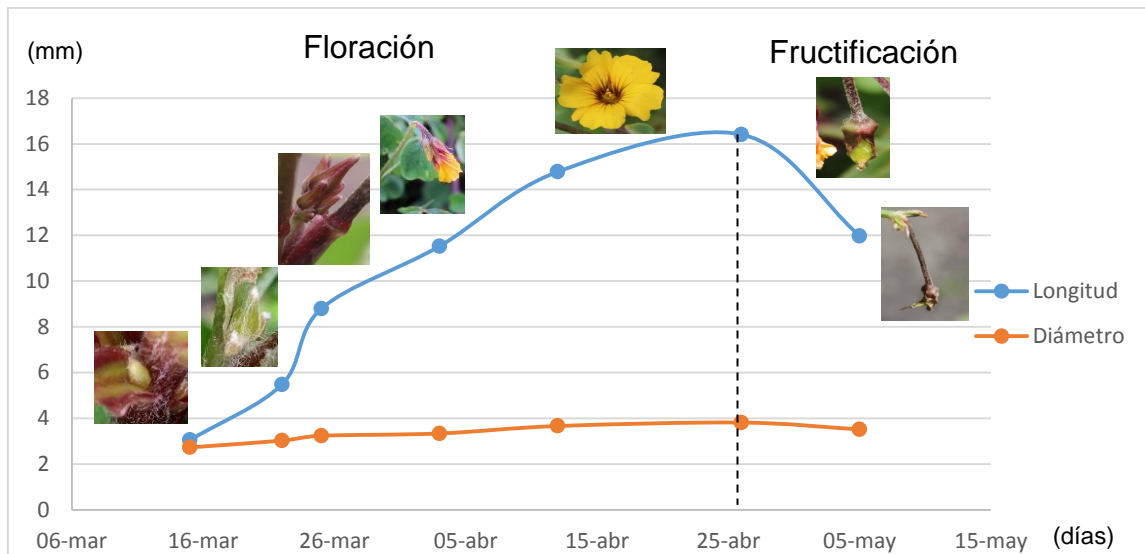


Figura 19. Curva de crecimiento de cada etapa fenológica del cultivo de la oca de la variedad ECU-987.

La flor de la oca de esta variedad posee una forma rotada debido a que sus pétalos se encuentran sobrepuestos en una proporción mayor a 75% (Yampara, 2007). Por otra parte, el color de su sépalo es vino grisáceo 187B, sus pétalos son de color amarillo intenso código 13A con líneas color vino código 59A. Esta codificación fue tomada de la escala de colores del Royal Horticultural Society (2015).

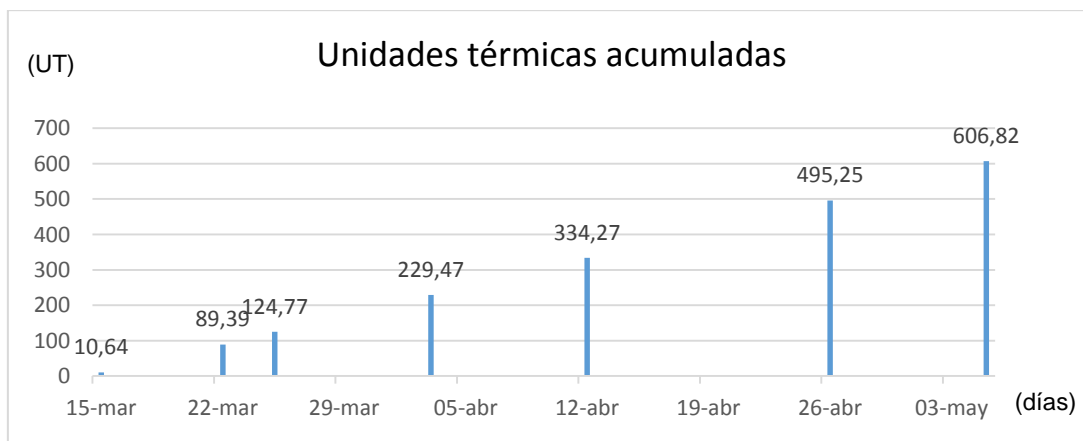


Figura 20. Unidades de calor acumuladas.

En la figura 21 expuesta a continuación se exponen las fotografías de manera secuencial sobre el crecimiento de cada una de las variables expuestas anteriormente para codificarlas según la escala BBCH.



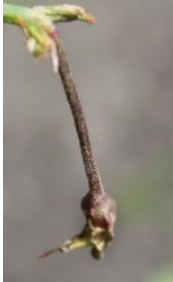
			
501	505	506	508
Crecimiento de los botones florales de 1 a 2mm.	Crecimiento de los botones florales hasta 5mm y aparición del pedicelo.	Crecimiento del pedúnculo y de los botones florales.	Aparición de nuevos botones florales en la inflorescencia.
			
509	600	700	709
Aparición de los primeros pétalos en los botones florales.	Primera flor abierta.	Aparición del primer fruto.	Finalización del crecimiento del 90% de los frutos visibles.

Figura 21. Escala visual según la BBCH del cultivo de la oca, variedad ECU-987.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El crecimiento fenológico reproductivo del cultivo de la oca tuvo una duración de 56 días en las variedades ECU-950 y ECU-952. Sin embargo, en la variedad ECU-987 la duración de su etapa fenológica fue de 51 días desde la aparición de sus yemas latentes hasta la etapa de fructificación.

En las tres variedades de oca se llevó un registro fotográfico que permitió mostrar cada una de las estructuras reproductivas formadas. Entre estas está la yema latente, yema brotada, botón floral, flor y fruto, las mismas que fueron codificadas según la escala BBCH. Este registro se presenta en las figuras 13, 17 y 21 del presente documento.

En las variedades del cultivo ECU-950, ECU-952 y ECU-987 se determinó que durante el crecimiento de yema latente se acumularon 10,64 UT, para la formación de yema brotada se acumuló 89,39 UT, para el botón floral se acumuló 124,77 UT. Durante la etapa de floración para las tres accesiones se acumularon un total de 334,27UT y hasta la etapa de fructificación en las variedades ECU-950 y ECU-952 se acumularon 632,44UT, pero en la variedad ECU-987 se acumularon 606,82 UT.

Las flores en las tres variedades de cultivo tienen una forma distinta al igual que la sobreposición de sus pétalos. En la variedad ECU-950 la forma de su flor es semiestrellada con menos del 50% de sus pétalos sobrepuestos. Por otra parte, en la variedad ECU-952, sus pétalos poseen una forma pentagonal y estos se encuentran sobrepuestos entre un 20% a 30% y en la variedad ECU-987 los pétalos de la flor poseen una forma rotada, esto se debe a que sus pétalos se encuentran sobrepuestos en un 75%.

En las variedades ECU-950 y ECU-952 la coloración de las estructuras de su inflorescencia es de verde claro código 145C codificación tomada de la escala

de colores del Royal Horticultural Society (2015). Por otro lado, en la variedad ECU-987 las estructuras de sus inflorescencias son de color vino grisáceo código 187B tomado de la escala de color del Royal Horticultural Society (2015).

Las tres accesiones presentaron fruto, el cual se encontraba en la planta un reducido periodo de tiempo antes de desprenderse de la planta. Sin embargo, el fruto de las accesiones ECU-950 y ECU-987 presentaron semillas, las mismas se pueden observar en la figura 5 y 8 de la presente investigación.

6.2 Recomendaciones

En cuanto al fruto de este cultivo es importante darle un seguimiento, debido a que esta etapa tiene un periodo de tiempo corto y se cae en los primeros días de haberse formado. Por otra parte, es importante destacar que no todas las inflorescencias produjeron fruto con semilla.

Es recomendable utilizar programas de fito-mejoramiento en las accesiones ECU-950 y ECU-987 debido a que su fruto generó semillas.

Realizar estudios del polen para identificar las características morfológicas que poseen cada uno de sus granos y conocer a que planta pertenecen.

REFERENCIAS

- Alvarado Vázquez, M. A., Foroughbakhch Pournavab, R., Jurado Ybarra, E. y Rocha, A. (2002). El cambio climático y la fenología de las plantas. Monterrey, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Alfaro, G. y Salas, S. (1997). Alimentos del mundo andino: ciclo de conferencias sobre alimentos andinos. Cochabamba, Bolivia. 8-11 Abr 1996.
- Aliquó, g., Catania, A. y Aguado , G. (2010). La poda de la vid. Mendoza: INTA.
- Aliquó, G., Catania, A. y Aguado, G. (2010). La poda de la vid. Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación. Lujan de Cuyo, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Anaya, A. L. (2003). Ecología química México, DF Plaza y Valdez 349p.
- Barrett, S. C. y Arroyo, M. T. (2012). *Variation in floral morph ratios in tristylous Oxalis squamata (Oxalidaceae): an Andean alpine endemic*. Toronto: Botany 90.
- Barrera, V. H. (2004). Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador (Vol. 4). Centro Internacional de la Papa.
- Bleiholder, H., Feller, C., Lancashire, P., Buhr, F., Hess, M., Meier, U. y Stauss, R. (2001). *Growth stages of mono-and dicotyledonous plants*. Berlín, Alemania: Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry.
- Caicedo, C. (1990). Estudio y promoción de las tuberosas andinas dentro del agroecosistema andino en Ecuador. Quito, Ecuador: INIAP.
- Cadmia , X. y García, W. (2003). Manejo sostenible de la agrobiodiversidad de tubérculos andinos. Cochapamba: PROINPA.
- Cajamarca, E. (2010). Evaluación nutricional de la oca (*Oxalis tuberosa*) fresca, endulzada y deshidratada en secador de bandejas. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Corredor, J. y García, J. (2011). Fenología reproductiva, biología floral y visitantes florales en los cultivares de mango (*Mangifera indica L.*)

- Hilacha y Tommy Atkins en el valle del alto Magdalena (Colombia) .
Valle del alto Magdalena: Corpoica.
- Chiang, F. (1989). La Taxonomía Vegetal en México: problemas y perspectivas.
Revista de difusión , 4-5.
- Clavijo, N. (2014). Tubérculos andinos: Conservación y uso desde una
perspectiva agroecológica. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad
Javeriana.
- Darwin , C. (2009). Las distintas formas de las flores en plantas de la misma
especie. Madrid, España: CSIC.
- Enz, M. y Dachler, C. (1998). Compendio para la identificación de estadios
fenológicos de especies mono y dicotiledóneas cultivadas. Limburgerhof:
Novartis.
- Emshwiller, E. (2002). *Biogeography of the Oxalis tuberosa Alliance*. Chicago:
Field Museum.
- Espinoza, P. y Abad, J. (1996). Raíces y tubérculos Andinos, cultivos
marginados en el Ecuador. Quito: CIP.
- Espín, S., Villacrés, E. y Brito, B. (1999). Caracterización Físico-Química,
nutricional y funcional de raíces y tubérculos Andinos. Quito, Ecuador:
INIAP.
- Fano, H., y Benavides, M. (1992). Los cultivos andinos en perspectiva:
producción y utilización en el Cusco. Cusco: International Potato Center.
- Fernández, M. (2011). Estudio fenológico y aerobiológico en un viñedo en la
Comarca del Ribeiro. Ourense: Universidad de Vigo.
- García, W. y Cadima, X. (Eds.). (2003). Manejo sostenible de la
agrobiodiversidad de tubérculos andinos: Síntesis de investigaciones y
experiencias en Bolivia (Vol. 1). Cochabamba, Bolivia: Centro
Internacional de la Papa.
- Gilbert, S. (2003). Biología del desarrollo. Madrid, España: Panamericana.
- Gonzáles, S., Almanza, J., Oros , R. y Devaux, A. (2003). Producción de oca
(*Oxalis tuberosa*), papalisa (*Ullucus tuberosus*) e isaño (*Tropaeolum
tuberosum*). Cochabamba, Bolivia: PROINPA.

- Gómez, M. y Rapoport, H. (2008). Descripción de la iniciación floral, floración, cuajado, caída de frutos y endurecimiento del hueso. Madrid, España: Dossier.
- Gliessman, S. (2002). Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba: LITOCAT.
- Huaranca, R. (2010). La flor, inflorescencia y fruto. Iquitos, Perú: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Herbas, J., Salazar, M., Ruiz, J., López, J., Villaroel, J. y Cossio, D. (2005). Fitomejoramiento participativo: un nuevo desafío en la generación y apropiación de variedades de papa por los agricultores en Bolivia. Morochata: PROINPA.
- Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos y Centro Internacional de Descriptores de la oca, (2001). Descriptores de Oca (*Oxalis tuberosa* Mol.). Lima, Perú: IPGRI/CIP.
- Jacobsen, S. y Sherwood, S. (2002). Cultivo de granos Andinos en Ecuador. Quito: FAO, CIP.
- Jaramillo, S., Rios, J., González, L. y Cotes, J. (2010). Determinación del efecto de diferentes niveles de fertilización en papa (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigena*) DIACOL Capiro en un suelo con propiedades Ándicas de Santa Rosa de Osos, Colombia. Santa Rosa de Osos: Universidad Nacional de Colombia.
- Jativa, H. (2012). Caracterización físico, química y nutricional de la oca (*Oxalis tuberosa*) cultivada en diferentes suelos edafológicos del Ecuador. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Knuth, R. y Sánchez, O. (2010). Oxalidaceae. Madrid, España: Flora Ibérica, 2-3.
- León, M., Villacorta, M. y Pagador, S. (2011). Composición química de "oca" (*Oxalis tuberosa*), "arracacha" (*Arracacia xanthorrhiza*) y "tarwi" (*Lupinus mutabilis*). Ciencia y Tecnología de Alimentos, 245.
- León, J., Coria, R. y Cruz, M. (1996). Fenología floral de una comunidad arido-tropical de Baja California. Baja California México: Centro de Investigaciones Biológicas: APD.

- López, P. y Peña, M. (2019). El almendro: Guía práctica del cultivo. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Lozano, S. y Rodríguez, C. (2014). El suelo de cultivo y las condiciones climáticas. Madrid: Elearning S.L.
- Meier, U. (2018). BBCH Monografía. Quedlingurg: JKI.
- Montaldo, Á. (1992). Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. San José: IICA.
- Morillo, A., Morillo, Y. y Leguizamo, M. (2019). Caracterización morfológica y molecular de *Oxalis tuberosa*. Boyacá: Universidad de Caldas.
- Muñoz, F. y Navarro, C. (2010). Oxiladaceae. Madrid: Flora Ibérica.
- Novartis, D. (1998). Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono y dicotiledóneas cultivadas. BSA.
- Oraldi, F., Vazquez, L., Ruga, L., Fornaciari, M., García, H., Domínguez, E. y Galan, C. (2005). *Bioclimatic requirements for olive flowering in two Mediterranean Regions located at the same latitude*. Perugia: University of Perugia.
- Pelate, J. (Universidad Técnica de Ambato). Estudio del efecto de la temperatura y el tiempo en las características físico-químicas y sensoriales de la oca (*Oxalis tuberosa*) durante la maduración. Ambato: 2013.
- Pinto, M., Lira, W., Ugalde, H. y Pérez, F. (2002). Fisiología de la latencia de las yemas de vid. Santiago: Universidad de Chile.
- Pomar, G. (2002). Tuberización in vitro de *Oxalis tuberosa* "Oca". Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Porras, i., Losana, L., Conesa, A., Legua, P. y Pérez, O. (2002). Comparación de las diversas escalas fenológicas del limón. Murcia: IMIDA.
- Pumisacho, M. y Sherwood, S. (2002). El cultivo de la papa en Ecuador. Lima: INIAP-CIP.
- Rosero, G. (2010). Colección, caracterización y conservación de variabilidad genética de oca (*Oxalis tuberosa*) en agroecosistemas. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- Román, M. y Hurtado, G. (2002). Guía técnica del cultivo de la papa. La Libertad: CENTA.

- Rozzi, R., Molina, J. y Miranda, P. (1989). Microclima y períodos de floración en laderas de exposición ecuatorial y polar en los Andes. *Historia Natural*, 75-84.
- Salazar, R. (1995). *Memorias Del Simposio*. Managua: CATIE.
- Seminario, J. (2004). *Raíces Andinas: contribución al conocimiento y a la capacitación*. Lima: CIP.
- Soto, A. (2017). *Cuantificación del contenido de hierro, zinc y vitamina C en la producción de 20 clones de papa mejorada biofortificada en el distrito de yauli*. Acobamba: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Subirós, F. (2000). *Cultivo de la Caña de Azúcar*. San José: EUNED.
- Suquilanda, M. (2007). *Producción orgánica de cultivos andinos*. Quito: MAG.
- Surco, F. (2004). *Caracterización de almidones aislados de tubérculos andinos: mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), oluco (*Ullucus tuberosus*) para su aplicación tecnológica*. Lima: Universidad Mayor de San Marcos.
- Smith, S. (1999). *Potencial comercial de los cultivos tradicionales andinos*. Lima: IEP.
- Tapia, C., Castillo, R. y Mazón, N. (1996). *Catálogo de recursos genéticos de raíces y tubérculos andinos en Ecuador*. Quito: INIAP.
- Tapia, M. y Fries, A. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. Roma: FAO.
- Tapia, C. (1990). *Conservación in vitro de oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) y mashua (*Tropaeolum tuberosum*)*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Technology, P. (1989). *Lost Crops of the Incas : Little-Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation*. Washington D.C: National Academy Press.
- Triola, M. (2004). *Estadística*. México D.F: Pearson.
- Vargas, A. (1995). *Estadística descriptiva e inferencial*. La Mancha: Universidad de Castilla.
- Veloz, L. (1996). *Estudio de cuatro sistemas de labranza con tracción animal en dos condiciones de suelo, en cebada*. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Yampara, W. (2007). Comportamiento agronómico de dos ecotipos de oca (*Oxalis tuberosa*) bajo diferentes sustratos hidropónicos para la producción de semilla básica en invernadero. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.

Zhunio, D. (2019). Aplicación de masas batidas en seis especies de tubérculos cultivados en el Ecuador. Cuenca: Universidad de Cuenca.

ANEXOS

Anexo 1: Localización geográfica de la Estación Experimental de “Santa Catalina” del INIAP.

Tomado de Google Maps, 2020



Anexo 2: Accesiones ECU-950, ECU-952 y ECU-987 del cultivo de la oca.

