

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Estudio de biología floral en *Solanum lycopersicum* var.
cerasiforme con fines de conservación de su biodiversidad en
Tarapoto, Región San Martín, Perú**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniería Ambiental

Autor:

Jhoselin Milagritos Tarazona Ocampo

Asesor:

Mg. Ricardo Víctor Felipe, Arias Salcedo

Tarapoto, diciembre del 2021

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Ricardo Víctor Felipe Arias Salcedo, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Estudio de biología floral en *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* con fines de conservación de su biodiversidad en Tarapoto, Región San Martín, Perú”** constituye la memoria que presenta el (la) / los Bachiller(es) (Jhoselin Milagritos Tarazona Ocampo) para obtener el título de Profesional de Ingeniería Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 28 días del mes de diciembre del año 2021.



Ricardo Víctor Felipe Arias Salcedo

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a 28 día(s) del mes de diciembre del año 2021, siendo las 11:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Mg. Gelner Archenti Curitima, el (la) secretario(a): Mtra. Dayani Shirley Romero Vela y los demás miembros: Ing. Juana Elizabeth Vasquez Vasquez

y el (la) asesor(a) Mg. Ricardo Victor Felipe Arias Salcedo con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Estudio de biología floral en tomate nativo (Solanum lycopersicum var. cerasiforme) con fines de bioseguridad en Tarapoto, Región San Martín, Perú.

del(los) bachiller(es): a) Jhoselin Milagritos Tarazona Ocampo
 b)
 c)

.....conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Ambiental
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): Jhoselin Milagritos Tarazona Ocampo

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	20	A+	Excelente	Excelencia

Bachiller -(b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller -(c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

 Presidente/a


 Secretario/a

 Asesor/a

 Miembro

 Miembro

 Bachiller (a)

 Bachiller (b)

 Bachiller (c)

RESUMEN

El desarrollo de tecnología de organismos vivos modificados (OVM), plantea un riesgo para conservar recursos genéticos nativos como el caso de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* “tomatillo” que implica conocer las formas como la biodiversidad puede verse afectada por esta tecnología. Una investigación primaria clave para conocer cómo puede verse afectada la biodiversidad nativa es el estudio de biología floral y polinización momento propicio para recibir polen externo incluso OVM. Utilizando como bases metodológicas los estudios de línea base de diversidad genética del Tomate y sus parientes silvestres Ministerio del Ambiente 2020, obteniéndose los estándares ambientales de biología floral (EABF) que representa los días de duración de la flor (> 13 días para la región San Martín) y el estándar de polinización (EAP) (> 2 días de duración fase de polinización), así como la interacción clima – biología floral. Un resultado importante, es el conocimiento que los productores agropecuarios de la región San Martín tienen sobre OVM primando el desconocimiento en 80 % de ellos, comparable con otras regiones del Perú. La discusión de los resultados ha permitido determinar la similitud existente tanto en fenología como en biología floral a las especies silvestres de tomate comestibles *Solanum pimpinellifolium* (costa norte) y *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* (selva norte) con posiciones geográficas similares (cercasas a la línea ecuatorial). Además, concluimos en medidas de conservación de la biodiversidad para países centro de origen o de domesticación y están dirigidas a universidades, centros de investigación y las autoridades rectoras en el sector medio ambiental.

Palabras claves: Biología floral, polinización, contaminación, conservación, biodiversidad, nativo

ABSTRACT

The development of technology of living modified organisms (LMOs), poses a risk to conserve native genetic resources such as the case of *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* "tomatillo" that implies knowing the ways in which biodiversity can be affected by this technology. A key primary research to know how native biodiversity can be affected is the study of floral biology and pollination propitious moment to receive external pollen including OVM. Using as methodological bases the baseline studies of genetic diversity of the Tomato and its wild relatives Ministry of the Environment 2020, obtaining the environmental standards of floral biology (EABF) that represents the days of duration of the flower (> 13 days for the San Martin region) and the pollination standard (EAP) (> 2 days of duration pollination phase), as well as the interaction climate – floral biology. An important result is the knowledge that agricultural producers in the San Martin region have about LMOs, with ignorance prevailing in 80% of them, comparable to other regions of Peru. The discussion of the results has allowed to determine the similarity existing both in phenology and in floral biology to the wild species of edible tomatoes *Solanum pimpinellifolium* (north coast) and *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* (northern jungle) with similar geographical positions (close to the equator). In addition, we conclude in biodiversity conservation measures for countries of origin or domestication and are aimed at universities, research centers and governing authorities in the environmental sector.

Key words: Biodiversity, conservation, contamination, flower biology, polinization, native

TEXTO

1. INTRODUCCIÓN

A causa de la aplicación de la biotecnología moderna se han obtenido organismos vivos modificados (OVM), organismo con una nueva combinación de material genético. Por ello la contaminación por transgénicos en los cultivos nativos y parientes se ha vuelto una problemática actual para la conservación de nuestros recursos.

La Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2000) manifiesta en el "Protocolo de Cartagena" la importancia en asegurar un nivel adecuado de protección concerniente a la transferencia, manipulación y utilización de manera segura los OVM sin tener consecuencias negativas para la biodiversidad, estableciendo normas internacionales las cuales se centran en los movimientos transfronterizos de OVM, tratando así de asegurar el grado apropiado de conservación de la diversidad biológica y la salud humana.

A nivel nacional, la moratoria de 10 años al ingreso y producción de OVM con propósito de cultivo o crianza, como también los fines acuáticos, al exponerse o ser liberados al ambiente es el objetivo de la Ley N° 29811. Es de suma importancia fortalecer capacidades nacionales, como también el desarrollo de infraestructura, permitiendo la generación de líneas de base con información de la biodiversidad nativa. En el estudio de línea de base de biología floral, flujo de semilla y flujo de genes en tomate nativo y cultivado para medir cruzabilidad, se

dan los criterios metodológicos para flujo de genes en las especies de tomate silvestre y cultivado en futuras evaluaciones (MINAM, 2019).

En México, predomina el tomate (*Solanum lycopersicum*), tipo saladette o roma (forma oval) y bola teniendo 51,861.10 ha (SIAP, 2017), en contraste con Perú que predomina la variedad Río Grande. Por otro lado, en los estados de Jalisco, Durango y Guanajuato se destaca la presencia del tomate tipo cherry o cereza con 3.6 % de área sembrada (*S. lycopersicum var. cerasiforme*) (FIRA, 2016). En Perú, el tomate cerezo es una frutilla silvestre de sabor agradable y comestible con un tamaño que oscila de 2 a 3.5 cm y se distribuye en la Amazonia desde el río Chinchipe límites con Ecuador hasta Madre de Dios. En México, se distribuye por zonas templadas y de transición, asociándose así a bosques de encino y actúa como pionera en áreas perturbadas que van desde Estados Unidos hasta Centroamérica (Álvarez Hernández et al., 2009).

Con respecto a la polinización, es un elemento fundamental para la biología reproductiva de las plantas, indagando su ambiente biótico y abiótico en relación mutua con las flores; para comprender la función de los órganos florales es necesario estudiar la estructura floral y el comportamiento a través de los intermediarios de polinización, siendo estos procesos de polinización y fecundación (Mansilla et al., 2010). De acuerdo con (Corredor P. & García L., 2011) el entendimiento de la biología floral, como también del sistema reproductivo de aquellas plantas con flores es primordial para realizar un manejo adecuado de estas.

La bioseguridad es de mucha importancia para la sostenibilidad de la protección del medio ambiente, la agricultura y la salud pública, como también la diversidad biológica (FAO, 2008). En el Perú, no existen protocolos de

bioseguridad en *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* lo que significa que ante un manejo inadecuado de OVM, las especies nativas tienen riesgos de contaminación, que pone en peligro su conservación. Al no haberse realizado investigaciones en el centro de origen de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, no se encuentran establecidos los estándares ambientales en bioseguridad, en consecuencia, no contamos con medidas de prevención para controlar los probables riesgos de contaminación ante la posibilidad de liberar OVM. Por lo tanto, esta investigación es relevante y va a contribuir a la conformación de una línea de base de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* a nivel nacional.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales:

Para el estudio de biología floral de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en campo:

- Parcela experimental para *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en campo:
- Parcela agrícola de 10 m por 5 m
- Cámara fotográfica de alta resolución
- Fichas de observación directa para biología floral
- Base de datos de la estación meteorológica automática EL PORVENIR de SENAMHI.
- GPS marca Garmin
- Semillas seleccionadas de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*.
- Equipos y maquinaria para preparación del terreno
- Abonos, productos preventivos para el mantenimiento de las plantas
- Etiquetas, libreta de notas, plumones indelebles y lápices

- Equipo de colección de polinizadores (abejas)

En gabinete:

- Laptops (2)

- Software ArcGIS

- Software Microsoft Excel

2.2. Métodos

El desarrollo del plan experimental, se llevó a cabo en el campus de la Universidad Peruana Unión, distrito de Morales, región San Martín, Perú (Fig. 1).

2.2.1. Metodología para el plan experimental

El diseño experimental se basó en los estudios de biología floral de la línea base del tomate cultivado y sus parientes silvestres, donde se especifica las fases de la biología floral:

Fases de la biología floral:

Fase 1: desde aparición botón floral hasta el inicio de apertura de sépalos (Ver Fig. 3).

Fase 2: desde el inicio de apertura hasta la apertura total de sépalos y aparición del cáliz (Ver Fig. 4).

Fase 3: desde la apertura total del botón floral hasta la expansión de sépalos a 45° del axis a la flor (Ver Fig. 5).

Fase 4: Los sépalos se abren totalmente, los estambres también y la flor es polinizada (Ver Fig. 6).

Fase 5: Marchitez de sépalos, óvulos fertilizados y nacimiento del fruto (Ver Fig. 7).

La secuencia de la biología floral total se puede observar en la Fig. 2.

- Polinización

Se aplicó la metodología de la Línea base de la diversidad del Tomate; así como el estudio de biología floral y polinización de la Línea de base del Maíz que se llevó a cabo en Tarapoto (Chávez & Arias, 2016).

- Las condiciones meteorológicas de Tarapoto, Perú

Sabiendo que el tomate es una planta tropical, por lo tanto, la variable climática clave en el desarrollo de las fases de la biología floral es la temperatura mínima, los datos de las condiciones climáticas se obtuvieron de la estación meteorológica automática EL PORVENIR de SENAMHI durante el periodo de octubre 2020 a febrero 2021.

Plan experimental

Los protocolos de la línea base del tomate se siguieron con los siguientes pasos:

a. Construcción de parcelas para plan experimental (Fig. 1).

Área del plan experimental 16m², 2 surcos con una distancia de 1 metro entre ellos, 6 puntos de siembra, en cada punto 2 plántulas, teniendo así un total de 24 plantas.

b. Selección de 5 plantas de forma aleatoria a los 20 días del trasplante e identificación con etiquetas (Ver Fig. 32).

c. Selección de flores:

Se seleccionó un racimo floral en cada planta seleccionada por cada una de las tres primeras floraciones (Fig. 32). Con el siguiente criterio:

Se selecciona y etiqueta un racimo floral por planta de la primera floración. Se realiza el seguimiento de la biología floral y se utiliza fichas de observación directa. Quince días después, llegada la segunda floración, se seleccionó un racimo floral y, por último, la tercera floración, selección de un racimo floral por planta aproximadamente 15 días después de la segunda floración.

2.2.2. Metodología para recoger información de expertos

Como parte del estudio se tiene establecido recoger información primaria de especialistas en organismos vivos modificados, biología floral y conservación de biodiversidad. Para ello, se utilizó la técnica Delphi definiendo un número de seis expertos (Ver Tabla 1) y un cuestionario de siete preguntas abiertas. Las preguntas corresponden a las mismas realizadas en la línea de base del tomate y sus parientes silvestres por el Ministerio del Ambiente.

2.2.3. Metodología para recoger información primaria de productores agropecuarios

Para recoger información de los productores de un universo de 91224 productores de la región San Martín de acuerdo con el IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012). Se aplicó la fórmula muestral obtenida de la Guía para la elaboración de línea base en el marco del SEIA MINAM 2017, empleando un margen de error del 92 % y un nivel de significancia 0.08.

Al aplicar la fórmula muestral representativa $n = \frac{z^2 * p * (1-p) * N}{e^2 * (N-1) + z^2 * p * (1-p)}$, se obtuvo como resultado una muestra conformada de 120 productores agropecuarios de la región San Martín. Los temas desarrollados se enfocaron en: biología floral de *Solanum lycopersicum var. cerasiforme*, germoplasma (semillas), la polinización y el conocimiento de los Organismos Vivos Modificados.

3. RESULTADOS

3.1. Resultados de la biología floral

La fase experimental se dio inicio con el trasplante el día 20 de octubre del 2020, luego la selección de plantas al azar con su respectiva georreferenciación, para obtener los siguientes resultados:

- Proceso vegetativo correcto con duración de 79 días, el día 08 de diciembre del 2020 se dio inicio a la biología floral, Tabla 2.
- De acuerdo al plan experimental, se etiquetaron las tres primeras floraciones denominadas floraciones 1,2 y 3; en la primera se observó que varias flores de plantas seleccionadas han tenido dos momentos de apertura de los botones florales de un mismo racimo floral, denominándose las primeras aperturas flor a y la segunda flor b; como se observa en la Tabla 3, para la flor a tuvo una duración de 12.6 días y para la flor b 11 días.
- La segunda floración, se inició el 20 de diciembre del 2020 y tuvo solo un momento de apertura de botones florales; flor a, con un tiempo de duración de 17.8 días, como se puede observar en la Tabla 4.

- Por último, la tercera floración se dio inicio a partir del 12 de enero del 2021 con dos momentos de apertura: flor a con un tiempo de duración de 11 días y flor b de 12 días; como se puede observar en la Tabla 5.

Descripción de la biología floral en *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* en Tarapoto:

a. Primera floración

- La primera floración ha tenido dos momentos de apertura de los botones florales de un mismo racimo con un promedio de 4 botones por racimo, en ambas fenofases, tanto en la flor a y flor b la fase 1 ha tenido mayor duración ocupando alrededor del 35 % de todo el proceso de biología floral con un tiempo de 4.4 días en la flor a; alrededor del 50% de la biología floral con 7 días en la flor b. Las fases 2 y 3, fases en que la flor está en formación y preparación para la fase de polinización (fase 4); tuvieron periodos cortos de 2.2 días en ambas fases de la flor a, como también 2 días en ambas fases de la flor b. La fase 4, fase de polinización las flores han estado expuestas al flujo de polen en periodos cortos de 2 días en la flor a y en la fase 5 que culmina con el inicio de la formación del fruto comprende un tiempo de 1.8 días en la flor a.
- Los días de duración de la primera floración en *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* son de 12.6 días y con respecto a los días de polinización (fase 4), la fase donde se presenta mayor riesgo a ser contaminada por los diversos agentes polinizadores es de 2 días.

b. Segunda floración

- La segunda floración con un momento de apertura, tiempos similares a la primera floración y 3 botones por racimo floral. La fase 1, contempla

más del 28 % de todo el proceso de biología floral con 5 días, siendo este la de mayor tiempo entre otras fases, las fases 2 y 3 de formación de la flor comprende tiempos cortos de 3.4 días, la fase 4 (polinización) las flores han estado expuestas al flujo de polen a los 3 días; la fase 5 en formación de frutos ha tenido tiempos de 3 días (Fig. 10). La duración de la segunda floración es de 17.8 días y la polinización (fase 4) es de 3 días.

c. Tercera floración

- La tercera floración tuvo dos momentos de apertura y 4 botones por racimo floral. La fase 1, contemplo más del 27 % de todo el proceso de biología floral con un tiempo de 3 días en la flor a; alrededor del 25 % de todo el proceso de biología floral con un tiempo de 3 días en la flor b. Las fases 2 y 3, tuvieron periodos cortos de 2.2 en ambas fases de la flor a, como también periodos cortos de 2 y 3 días en la flor b. La fase 4, o polinización con periodos cortos de 2 días en la flor a, como también periodos cortos de 2 días en la flor b y en la fase 5 que culmina con el inicio de la formación del fruto un tiempo de 1.6 en la flor a y 2 días en la flor b, como se observa en la Fig. 11 y Fig. 12.

Los días de duración de la tercera floración son de 11 días en la flor a y 12 en la flor b. Los días de polinización (fase 4) es de 2 días en la flor a como también 2 días en la flor b.

3.2. Resultados de las condiciones climatológicas

a. Resultados de los parámetros climatológicos

- El periodo de desarrollo de la investigación comprende de octubre del 2020 hasta febrero del 2021, correspondiendo a la época de verano del hemisferio sur (SENAMHI, 2021). Las condiciones, en cuanto a las temperaturas mínimas promedio han variado entre 21.8 °C a 22.7 °C y las temperaturas máximas promedio variaron entre 32.3 °C hasta los 32.5 °C; como se observa en la Fig. 13; considerándose estas temperaturas estables.

- Una humedad relativa estable, como se observa en la Fig. 14 variando entre 88.9 % a 97.9 %. La precipitación (mm) se presentó de manera estable en los meses de octubre y noviembre; una disminución en los meses de diciembre y enero de 59.8 mm a 103.7 mm, mientras febrero el de mayor pp, llegando a 188.9 mm; propio del norte del Perú sin afectar el desarrollo de la investigación.

b. Resultados de la interrelación clima y biología floral en *Solanum lycopersicum var. cerasiforme*

- Conociendo que el tomate es una planta tropical y es afectada cuando la temperatura desciende de 16 °C, la variable climática clave en el desarrollo de la biología floral es la temperatura mínima. Las condiciones de Tarapoto han superado los 16 °C de temperatura mínima sin ingresar a la latencia, que es una característica propia de las especies tropicales; de acuerdo con (Escalona C. et al., 2009).

- La temperatura mínima, obtenida de la base de datos de la estación meteorológica automática EL PORVENIR de SENAMHI, observada para cada fase de la flor, ver Fig. 15. Durante las 5 fases de biología floral la temperatura mínima varió entre los 22.4 °C a 21.6 °C, por lo que no afectó, como se observa en la Tabla 6.

3.3. Resultados del conocimiento de los productores agropecuarios

- Se encuestaron a 120 productores agropecuarios obteniéndose los siguientes resultados:

Pregunta 1. ¿Cómo obtiene usted la semilla del tomate?

De los 120 encuestados un 11 % respondió que obtiene la semilla en tiendas especializadas, un 42 % selecciona y conserva su propia semilla, un 41 % no cultiva y un 6 % la obtiene de otra forma (Fig. 16).

Pregunta 2. ¿Cuál es la procedencia de la semilla?

De los 120 encuestados, un 19 % de forma introducida, para un 38 % procede de la localidad, un 40 % no cultiva y un 4 % selecciona y la conserva como se observa en la Fig. 17.

Pregunta 3. ¿Pueden decirnos si las aves comen o transportan la semilla de tomate?

De los 120 encuestados, 46 % respondieron que las aves se la comen, 3 % transportan las semillas a otro lado, 18 % no comen ni la transportan y un 33 % no sabe o desconoce del tema (Fig. 18).

Pregunta 4. ¿Qué otro animal transporta la semilla del tomate?

De los 120 encuestados, 8 % respondió roedores, 46 % aves, un 9 % insectos, 11 % ninguno y un 26 % desconoce. Ver en la Fig. 19.

Pregunta 5. ¿Tiene conocimiento de cómo se poliniza el tomate cultivado?

De los 120 encuestados un 44 % si tienen conocimiento y un 56 % no, ver Figura. 20.

Pregunta 6. Especifique como se poliniza

De los 120 encuestados un 14 % mediante abejas/viento y un 86 % mediante abejas, ver Figura. 21.

Pregunta 7. ¿Conoces cuantos días dura la floración?

De los 120 encuestados un 46 % respondieron que, si conocen y 54 % desconocen, como se observa en la Fig. 22.

Pregunta 8. ¿Conoces cuantos días de duración de la biología floral en tomate?

De los 120 encuestados, 11 % menciona de 5 a 10 días, 32 % menciona de 10 a 15 días, un 3 % de 15 a 20 días, un 43 % de 20 a 30 días y un 11 % menciona mayor de 30 días, (Fig. 23).

Pregunta 9. ¿Tiene conocimiento de los Organismos Vivos Modificados (OVM)?

De los 120 encuestados, 3 % tiene conocimiento técnico, un 23 % tiene idea del tema y un 74 % desconoce sobre los OVM, ver Fig. 24.

3.4. Resultado de la entrevista a expertos

- Se entrevistó a 6 expertos internacionales a los cuales se les hizo llegar 7 preguntas, obteniéndose los siguientes resultados, como se observa en la Tabla 7.

Resultado 1:

Para la pregunta, ¿Cómo se produce el flujo de semillas en el tomate cultivado y en el silvestre?

R: Para el consenso de los expertos en cuanto a su flujo de genes y de semillas, se realiza por agua, viento, insectos, de manera natural y espontánea.

Resultado 2:

Para la pregunta, ¿Tiene conocimiento como se manifiesta la polinización y el flujo de genes en el tomate?

R: Para el consenso de los expertos la polinización del tomate cerasiforme se realiza por polinización cruzada por participación principalmente de insectos (abejas, abejorros y avispas), de manera natural y con alguna participación del viento.

Resultado 3:

Para la pregunta, ¿El empleo del tomate transgénico sería beneficioso? ¿Sí o no?

R: Para la mayoría de los expertos mencionan que existen riesgos de contaminación por flujo génico desde tomates transgénicos hacia los tomates silvestres, para lo cual se requiere realizar estudios para determinar o no el beneficio de esta tecnología.

Resultado 4:

Para la pregunta, ¿Qué propone para evitar o disminuir que los tomates nativos o silvestres se crucen con tomates transgénicos?

R: El común denominador de los expertos es el aislamiento que incluya una zonificación de los tomates transgénicos y respetar distanciamientos de 10 km como mínimo de los tomates silvestres.

Resultado 5:

Para la pregunta, ¿Qué alternativas existen para establecer modelos de bioseguridad ante la decisión de liberar OVM en el Perú?

R: Hay una mayoría de expertos mencionan que sería muy útil el distanciamiento con el aislamiento, pero dándoles alternativas viables a los productores agropecuarios para el mejor uso de la biodiversidad.

Resultado 6:

Para la pregunta, ¿Qué especies nativas o silvestres tienen mayores riesgos de desaparecer?

R: Para el consenso de expertos, las especies con mayor riesgo en contaminarse serían *Solanum pimpinellifolium* y el *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*.

Resultado 7:

Para la pregunta, ¿Qué propone para llevar adelante un análisis de riesgos que tiene nuestra diversidad del tomate ante la posibilidad de liberar OVMs en el Perú?

R: Para el consenso de expertos, es realizar estudios de línea base, análisis de riesgos que incluye mapas de riesgos, flujo de polen y de cambio climático, los mapas de riesgos deben incluir la zonificación de especies de tomates nativos.

4. DISCUSIÓN

En la diversidad de especies y relaciones de los familiares de los tomates silvestres se encuentra que el tomate viajó desde el Perú por motivos históricos

o botánicos (Peralta et al., 2005). La delimitación geográfica que propuso Vavilov en los años 1926 y 1951, estableciendo el término “centros de origen de una especie de cultivo” en la que explica el inicio del proceso de domesticación y donde prevalecen los parientes silvestres que dieron origen a este cultivo (Dirección General de Diversidad Biológica, 2014). Se estimó a los tomates Cherry de frutos pequeños como los progenitores silvestres de *S. lycopersicum*; estas plantas de frutos pequeños son añadidos morfológicamente dentro de la variación del tomate cultivado, también muchas plantas con frutos pequeños fueron el resultado de mezclas con especies silvestres, *S. pimpinellifolium*; análisis moleculares se mostraron que los tomates tipo cereza eran una mezcla compleja de *S. pimpinellifolium* y *S. lycopersicum* (Knapp & Peralta, 2016).

Las poblaciones andinas premejorables se denominan en el varietal nivel como var. *cerasiforme*. Generalmente es tradicional en la literatura del tomate para plantas de *S. lycopersicum* con frutos pequeños (Knapp & Peralta, 2016). El nombre “*cerasiforme*” se ha utilizado para formas silvestres de *S. lycopersicum* que han sido consideradas como progenitores del tomate cultivado.

Gran parte de los investigadores del tomate han sugerido que el tomate cultivado derivaba de formas de fruto pequeño denominadas por muchos autores “var. *cerasiforme*”. La investigación sobre el control genético de forma y tamaño del fruto demuestran la increíble variación en la forma del fruto en los cultivares de *S. lycopersicum* y que en las formas de fruto pequeño no son ancestrales, sino una mezcla de formas silvestres que se está estudiando activamente, utilizando herramientas especiales recientemente desarrolladas (MINAM, 2019).

Las discusiones de los resultados del estudio del *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en Tarapoto se presentan comparando con los resultados de la línea base del tomate realizada por el Ministerio del Ambiente en el año 2019 en la sede de investigación de Mórrope (Lambayeque).

El análisis comparativo se realiza con la información de dos sedes experimentales Tarapoto y Morrope con similitud en posición geográfica. Las experiencias de Morrope, las llevo a cabo el Ministerio del Ambiente durante el año 2019 entre los meses de mayo a setiembre (MINAM, 2020) (meses de estiaje) mientras, la experiencia de Tarapoto se realizó en el campus de la Universidad Peruana Unión, durante los meses de diciembre 2020 a febrero 2021 (meses de lluvia).

4.1. Discusión de resultados de la biología floral

a. Biología floral

- Para la especie *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* los resultados determinados en el estudio son los primeros en su centro de origen, Ver Tabla 2.

Se identificó tres floraciones, con dos momentos de apertura de los botones florales de un mismo racimo floral, con un promedio de 4 botones florales, similar a la especie *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* sede Morrope (promedio de 3 a 4 botones); estas características se dan por la relación de la variable climática, la T° mínima promedio del periodo.

- El tiempo total que comprende las fases fenológicas (almacigo, vegetativas, floración y fructificación) en la primera floración en sede Tarapoto fue 110 días; similar a la duración de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* sede Morrope

con 110 días; debido a las condiciones climáticas que ambas sedes presentan y cumplen las características de la especie tropical.

- La biología floral para la primera floración tiene un promedio de duración de 16 días, similar a las especies *Solanum lycopersicum var. cerasiforme*, *Solanum lycopersicum L.*, *S. pimpinellifolium* en la sede Morrope, esta similitud está asociada a las condiciones climatológicas muy cercanas a la T° mínima de acuerdo a las características de la especie; ya que (Escalona C. et al., 2009) indica que el cultivo con temperatura >16 °C tiende a desarrollarse más rápido que una menos de los 16 °C produciendo que la planta permanezca más en latencia, (*Principios agronómicos en tomate | Yara Perú, 2018*) menciona que la temperatura óptima para el desarrollo normal del tomate comprende entre los 18 y 27 °C; además esta relación entre Morrope y Tarapoto está en base a su ubicación geográfica, que a medida se aproxima a la línea ecuatorial (0°) será más beneficioso al desarrollo de la especie, esta relación se observa en la Tabla 10 y Fig. 25.

- En el desarrollo de la biología floral, la fase 1 (la aparición y el desarrollo del botón floral) es la de mayor tiempo de duración (35% del desarrollo de la biología floral) en condiciones ambientales de Tarapoto, este resultado es menor a los obtenidos por el MINAM (2020), ya que las otras especies como *Solanum lycopersicum var. cerasiforme*, *Solanum lycopersicum L.*, *S. pimpinellifolium* sede Morrope toman más del 40 % de su desarrollo floral.

- Para determinar el estándar ambiental de la biología floral en *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* en las condiciones de Tarapoto, se ha desarrollado una categorización de plantas considerando la interacción del clima y la biología floral: plantas precoces para biología floral < 12 días,

normales para plantas cuya biología floral total entre 12 a 13 días y tardías para biología floral > 13 días, como se observa en la Fig. 26.

- Así, el estándar ambiental de la biología floral (EABF) para *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* en condiciones ambientales de Tarapoto son similares a *S. pimpinellifolium* de Morrope ya que ambos se encuentran en sus centros de origen: sin latencia de flores y con un tiempo de duración de 12 a 16 días no comparable con las demás especies de Morrope como *Solanum lycopersicum L.*, *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* con 20.2 días y 22.3 días respectivamente, establecido por la Línea base del Tomate.

b. Fase de polinización

- El tiempo promedio de duración en la fase de polinización en condiciones de Tarapoto es de 2 días, ver Tabla 11; debemos considerar al igual que la biología floral: plantas precoces, normales y tardías.

- El estándar ambiental para plantas precoces es < 2 días, plantas normales de 2 días y tardías > 2 días, como se observa en la Fig. 27; de esta manera en el Estándar Ambiental de Polinización para tomate cultivado establecido por el (MINAM, 2020) para plantas normales con más similitud a la sede Tarapoto (2 días) es el estándar ambiental de la especie de *S. pimpinellifolium* de Morrope con 3 días.

- El Estándar Ambiental de la Polinización (EAP) de *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* bajo condiciones de Tarapoto puede superar los 2 días, este será el periodo de un probable riesgo de contaminación por polen extraño o de OVM.

- En el estudio de la biología floral de *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* se han presentado en sus etapas fenológicas diversidad de organismos el cual inciden en su desarrollo y equilibrio de la especie y sobre todo en la fase de polinización que es más vulnerable por el flujo de polen por insectos. Se colectaron diversidad de insectos en la parcela experimental y procesadas en el Laboratorio de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Martín, ver Tabla 12. En similitud a la Línea Base del Tomate del Ministerio del Ambiente, la mayor parte de los organismos registrados fueron no blancos (aquellos que intervienen en el mismo ambiente con los organismos blancos, pero no están dependientes a control por parte de ningún método ni de OVM). Por ello que, dentro de los microorganismos asociados al desarrollo de la especie, se registró de acuerdo al grupo funcional: predadores y polinizadores.

En los predadores se registró una avispa de la familia Chalcididae siendo esta un adulto benéfico y en polinizadores se registró dos abejas Meliponini (ver Fig. 28, Fig. 29 y Fig. 30); de acuerdo a la Línea Base del Tomate estos influyen en el ambiente del cultivo de manera benéfica; ya que la polinización que presenta es principalmente entomófila por que el polen es pesado y pegajoso, sin descartar polinización anemófila (viento); además los polinizadores ayudan en el flujo de planta a planta y esto aumenta el riesgo de contaminación por polen extraño o de OVM, porque no se puede controlar el desplazamiento de las abejas, la única forma de hacerlo es a través del aislamiento.

4.2. Discusión de los resultados de las condiciones climáticas

a. Discusión de los resultados de los parámetros climatológicos en el periodo de investigación

- El periodo de investigación fue de Octubre del 2020 a Febrero del 2021 momento donde el hemisferio sur es verano, además debido a la ubicación geográfica de la sede Tarapoto, próxima a la línea del ecuador; similar a la sede de Morrope – MINAM, según la línea base de la diversidad el tomate (Ministerio del Ambiente, 2020) se llevaron en épocas de Mayo a Julio ingreso a estiaje y disminución de temperatura.

- Como se mencionó previamente, condiciones climáticas estables en temperaturas, variando entre los 21.8 °C a 32.6 °C, de la misma manera la humedad se mantuvo entre los 86.9 % a 92.3 %; presentándose precipitaciones variables en los meses de octubre y noviembre con 150.9 mm y 154 mm, disminuyendo a 59.8 en diciembre, siendo febrero el mes más lluvioso 189 mm.

b. Discusión de los resultados de la interrelación clima y biología floral

- La especie *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* descrita por (Morales Palacio et al., 2016) especie que habita las regiones tropicales y subtropicales de Ecuador y Perú, en la Sede Tarapoto se tuvo un promedio de T mínima de 22 °C, encontrándose la temperatura más baja en la fase 1 con 20.4 °C en Diciembre, sobre los 16 °C, lo cual no afecto su desarrollo fenológico normal, con la interrelación clima y biología floral obteniéndose tres plantas en categoría normal, una planta en categoría tardía y una planta en precoz.

En este sentido, la interrelación de biología floral, posición geográfica y clima de la sede Tarapoto muestran las temperaturas superiores a los 16 °C similar con la sede de Morrope con 15.8 °C, por su ubicación geográfica (Fig. 25) son

las adecuadas para un mejor desarrollo y también la conservación de la especie.

4.3. Discusión de resultados de las encuestas a los productores agropecuarios

Se recopiló información en algunos temas como polinización de *Solanum lycopersicum var. cerasiforme*, semilla, biología floral y Organismos Vivos Modificados.

- En cuanto a las semillas, la mayor parte 42 % selecciona y conserva su propia semilla procedentes de su localidad y 41 % no cultiva; así mismo la procedencia principal de las semillas 38 % es de su localidad y 40 % no cultiva y estas pueden ser transportados por las aves teniendo en cuenta que el 46 % de estas se la comen

- Podemos decir además que los productores tienen conocimiento de la biología floral del tomate *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* para ellos esta puede durar alrededor de los 10 a días, además mencionan que los agentes de polinización son insectos, principalmente abejas consideradas también como un agente que dirige el polen de OVM.

- En cuanto al conocimiento de los productores sobre OVM, en la región de San Martín el desconocimiento representa un 74 %, similar a Morrope con un desconocimiento más elevado, este desconocimiento conlleva a un riesgo alto de contaminación, resultado que fue obtenido por el estudio de Línea base de la diversidad del tomate.

4.4. Discusión de resultados de las entrevistas a los expertos

- En el conceso de los expertos, el probable cruzamiento de estas y el tipo de polinización donde el viento es un factor importante con participación de abejas. Siendo muy importante realizar estudios de biología floral, flujo de polen, cruzamiento, actualización del banco de germoplasma, aislamiento, considerando que la polinización en tomates es mediante insectos como prevención ante OVM.

- Los expertos entrevistados mencionan que las especies que tendrían el mayor riesgo en desaparecer serían *Solanum pimpinellifolium* y el *Solanum lycopersicum var. cerasiforme*. En todos los casos, se manifiesta la necesidad de realizar medidas de prevención y mitigación ante una probable contaminación de la biodiversidad nativa y esto debido a que los riesgos son muy elevados y un mal uso de OVM puede contribuir a incrementarlos.

Es importante realizar investigaciones sobre las especies en riesgo ya que existe desconocimiento de su biología floral.

5. CONCLUSIONES

- Se concluye sobre la especie *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* como una especie tropical, que requiere una T° mínima de 16 °C para su desarrollo fenológico adecuado.

- Se concluye, en el estándar ambiental de biología floral (EABF) para *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* bajo las condiciones ambientales de Tarapoto, Región San Martín, Perú que tiene una categorización en la biología floral: plantas precoces para biología floral total menor a 12 días, normales para biología floral total entre 12 a 13 días y tardías para biología floral mayor 13

días; siendo similares a la especie de *Solanum pimpinellifolium* en Morrope: sin latencia de flores y con un tiempo de duración menor a 20 días.

- Se concluye además en el estándar ambiental de polinización (EAP) para *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* bajo las condiciones ambientales de Tarapoto, Región San Martín, Perú con las siguientes categorías: plantas precoces menor a 2 días, plantas normales de 2 días y tardías superior a los 2 días, este será el periodo de riesgo de contaminación por polen extraño o de OVM. Siendo similar el estándar ambiental de la sede Morrope para la especie de *Solanum pimpinellifolium* con un periodo corto de 2 a 3 días.

- Además, concluimos para la interrelación clima y biología floral un balance en el desarrollo fenológico de las plantas, una corresponde a categoría normal, dos en categoría tardía y dos en categoría precoz, este balance se da debido a la presencia de las condiciones de temperatura característica a la especie tropical, temperatura > 16°C.

- Se concluye que existe un desconocimiento importante por parte de los productores (54 %) sobre la biología floral del tomate *Solanum lycopersicum var. cerasiforme*.

- Importante la conclusión respecto al desconocimiento que tienen los productores sobre los OVM en la región San Martín > a 74 %, teniendo en cuenta que en Morrope los resultados son ligeramente más elevados (> 90 %) este resultado conlleva a un incremento de los riesgos de contaminación por OVM y polen extraño y se debe aplicar medidas correctivas para disminuir los riesgos.

- Por la participación de los expertos, concluimos que las especies del tomate de mayor riesgo de desaparecer son *Solanum pimpinellifolium* y *Solanum Lycopersicum var. cerasiforme*, por el mayor riesgo de contaminación por polinización por insectos.
- Por último, concluimos que es importante realizar estudios de biología floral, flujo de polen, cruzamiento, aislamiento y actualización del banco de germoplasma.

6. RECOMENDACIONES:

Por la importancia de los impactos que puede tener la liberación de OVM para nuestra biodiversidad nativa y de acuerdo a nuestros resultados se recomienda tener tres tipos de medidas que contribuyan a disminuir los posibles riesgos de contaminación: de conservación, mitigación y correctivas.

6.1. Medidas de conservación

- Es de prioridad, realizar estudios de biología floral, polinización y establecer los estándares ambientales respectivos para la especie de *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* en todas las regiones del Perú, con fines de bioseguridad y conservación de nuestra biodiversidad. Este tipo de investigaciones deben incluir el análisis de la interacción clima – planta para cada especie en estudio y de los ecosistemas en que habitan. Los responsables de esta medida son tanto las universidades como el Ministerio del Ambiente.
- Se debe realizar estudios para profundizar la taxonomía del *Solanum lycopersicum var. cerasiforme*, ya que los resultados muestran una similitud

entre *Solanum Pimpinellifolium* y *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* como también una diferencia entre estas especies con el *Solanum lycopersicum* L.

- Esta investigación puede ser considerada como una línea base para futuras investigaciones revalorando el conocimiento tradicional de las comunidades campesinas y nativas donde se puedan intercambiar conocimiento relacionado con nuestra biodiversidad.

6.2. Medidas de mitigación

- El Perú, como en muchos países de características particulares como: ser mega diverso, con recursos genéticos valioso y centro de domesticación de muchas especies de la biodiversidad nos debemos preparar para recibir tecnologías que en algunos casos puede ser perjudicial para el medio ambiente. Es por ello que compartiendo las ideas de los expertos hacemos extensiva las recomendaciones de estudiar medidas de bioseguridad que incluyan: aislamiento con distanciamiento, barreras físicas, siembras cerradas e incluso mantener la moratoria. Los responsables de hacer efectivo este tipo de medidas son las universidades e instituciones de investigación ambiental para generar protocolos a nivel nacional y el Ministerio del Ambiente para supervisar los estudios e impulsar la generación de protocolos y estándares ambientales para las especies nativas.

6.3. Medidas correctivas

- Debido al gran desconocimiento que tiene tanto el productor como la población en general sobre OVM, la tecnología de uso y los posibles riesgos de contaminación corroborados en nuestro estudio y en las líneas de base realizadas por el MINAM se requiere corregir la brecha, para poder recibir

cualquier tecnología incluyendo los OVM. Para ello, la tarea es fomentar a nuestros productores a nivel regional y nacional conocimientos sobre el uso de la tecnología de OVMs, los riesgos que tendría su uso e impactos ambientales probables. Las nuevas capacitaciones también deben incluir el conocimiento sobre medidas de control, aislamiento, barreras físicas, distanciamiento y otras necesarias para disminuir los riesgos. Los responsables son en primer lugar, el ente rector del Ministerio del Ambiente, luego los gobiernos regionales, pero fundamentalmente las universidades responsables de la investigación y transferencia de conocimientos. Esta tarea debe dar sus frutos y ser evaluada antes de la finalización de la ley de moratoria en el año 2035.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente mis agradecimientos a nuestro Padre Celestial por la vida y la salud que me permitió culminar satisfactoriamente la carrera de Ingeniería Ambiental, a los Srs. Ricardo V. F. Arias Salcedo y Juana Vásquez Vásquez, quien con sus conocimientos, experiencia y apoyo me guiaron a través de cada una de las etapas de esta investigación para alcanzar los resultados esperados, así mismo, agradecer al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo – PRONABEC (Beca 18) por el financiamiento de nuestros estudios de pregrado, a la Universidad Peruana Unión por brindarnos todos los recursos y herramientas que fueron necesarias para llevar a cabo la ejecución de la investigación. Por último, agradecer a mi familia, especialmente a mi mamá y a mi hermana que fallecieron producto de la pandemia y que siempre estuvieron dándome aliento, ánimos y fuerzas para seguir adelante, muchas gracias a todos por su apoyo.

4. BIBLIOGRAFIA

- Álvarez Hernández, J. C., Cortez Madrigal, H., & García Ruiz, I. (2009). *Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de Jitomate (Solanaceae) en tres regiones de Michoacán, México*. 21.
- Chávez, G., & Arias, R. (2016). *Estudio de biología floral y establecimiento de protocolo para determinar el flujo de polen y el cruzamiento en Maíz*. MINAM.
- Corredor P., J. P., & García L., 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). *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 12(1), 21-32.
https://doi.org/10.21930/rcta.vol12_num1_art:212
- Escalona C., V., Alvarado V., P., Monardes M., H., Urbina Z., C., & Martin B., A. (2009). *Manual de cultivo de tomate*. 60.
- FAO. (2008). *Instrumentos de la FAO sobre la bioseguridad*. Food & Agriculture Org. <http://www.fao.org/3/a-a1140s.pdf>
- FIRA. (2016). *Panorama agroalimentario*. 1-36.
- INEI. (2012). *Resultados definitivos IV Censo Nacional Agropecuario 2012*. INEI.
<http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinales/IVCENAGRO.pdf>
- Knapp, S., & Peralta, I. E. (2016). *The tomato (Solanum lycopersicum L., Solanaceae) and its botanical relatives*. 7-21.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-53389-5_2

- Mansilla, R., López, C., Flores, M., & Espejo, R. (2010). Estudios de la biología reproductiva en cinco accesiones de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) Robinson. *Ecología Aplicada*, 9(1-2), 167.
<https://doi.org/10.21704/rea.v9i1-2.407>
- MINAM. (2019). *Servicio de consultoría para la elaboración de la línea de base de la diversidad genética del tomate nativo: Prospección de la diversidad, estudio socioeconómico, ecológico, de organismos y microorganismos, flujo de genes y sistematización*.
<https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2020/01/Informe-del-Quinto-Producto-Tomate.pdf>
- MINAM. (2020). *Estudio de línea base de biología floral, flujo de semilla y flujo de genes en tomate nativo y cultivado. Quinto informe* (N.º 05; pp. 1-131). MINAM.
- Morales Palacio, M. N., Morales Astudillo, Á. R., Artilles Valor, A., Milián García, Y., & Espinosa López, G. (2016). *Caracterización fenotípica y genética de cuatro especies silvestres del género Solanum, sección Lycopersicon*. 37(3), 109-119.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1666.8406>
- Peralta, I. E., Knapp, S., & Spooner, D. M. (2005). *New Species of wild tomatoes (Solanum Section Lycopersicon: Solanaceae) from Northern Peru*. 424-434.
- Principios agronómicos en tomate | Yara Perú*. (2018, abril 5). Yara None.
<https://www.yara.com.pe/nutricion-vegetal/tomate/principios-agronomicos-en-tomate/>

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (Ed.). (2000). *Protocolo de cartagena sobre seguridad de la biotecnología del convenio sobre la diversidad biológica*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity.

<https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/publicaciones/cartagena-protocol-es.pdf>

SENAMHI. (2021). *Boletín mensual vigilancia del ozono atmosferico en la estación VAG Marcapomacocha* (N.º 02; pp. 1-18). SENAMHI.

<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/03203SENA-94.pdf>

SIAP. (2017). *Producción Agrícola*. gob.mx. <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119?idiom=es>

5. TABLAS

Tabla 1. Expertos e institución a la que pertenecen

Experto	Institución
Dra. Iris Edith Peralta Galmarini	Botánica argentina, experta en Biodiversidad a nivel mundial, Universidad Nacional de Cuyo – Argentina.
Dr. Leopoldo Pompeyo Vásquez Núñez	Doctor en ciencias biológicas, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, jefe del equipo técnico de la línea base de la diversidad biológica del tomate – MINAM.
Ing. Tulio Medina Hinostraza	Dirección de diversidad biológica y recursos genéticos – MINAM.
Ing. Liliana Buendía	Especialista en socio economía.
Ing. Andrés Erick Gonzales López	Ing. Agrónomo, Magister en suelo, Escuela de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, UPeU.
Ing. Luis Fernando Manrique	Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de San Martín, Municipalidad Provincial de San Martín.

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Biología floral en *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, fases vegetativas sede de Tarapoto, Perú

Biología floral en <i>Solanum Lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i> , fases vegetativas sede Tarapoto					
Etapa de almacigo		Días	Etapa	Días	Total
Fecha de siembra	Fecha de trasplante	Etapa	vegetativa (aparición 1er. Botón floral)	etapa vegetativa (media)	
20/09/2020	20/10/2020	30	8/12/2020	49	79

Tabla 3. Fases de la biología floral de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* primera floración, Morales, San Martín, Perú

Floración 1	Días fase 1	Días fase 2	Días fase 3	Días fase 4	Días fase 5	Total
P1b1 a	4	3	2	2	2	13
b	7	2	2	0	0	11
P2b1	5	2	2	2	2	13
P3b1	4	2	2	2	2	12
P4b1	4	2	2	2	1	11
P5b1	5	2	3	2	2	14
media a	4.4	2.2	2.2	2	1.8	12.6
media b	7	2	2	0	0	11

Tabla 4. Fases de la biología floral de *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* segunda floración, Morales, San Martín, Perú

Floración 2	Días	Días	Días	Días	Días	Total
	fase 1	fase 2	fase 3	fase 4	fase 5	
P1b1	5	4	2	3	5	19
P2b1	6	3	4	3	3	19
P3b1	4	3	3	3	3	16
P4b1	6	5	3	3	2	19
P5b1	4	3	4	3	2	16
media a	5	3.6	3.2	3	3	17.8

Tabla 5. Fases de la biología floral de *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* tercera floración, Morales, San Martín, Perú

Floración 3	Días	Días	Días	Días	Días	Total
	fase 1	fase 2	fase 3	fase 4	fase 5	
P1b1	3	2	2	2	2	11
P2b1	2	2	2	2	2	10
P3b1	3	2	2	2	1	10
P4b1	4	3	3	2	2	14
P5b1 a	3	2	2	2	1	10
b	3	2	3	2	2	12
media a	3	2.2	2.2	2	1.6	11
media b	3	2	3	2	2	12

Tabla 6. Interacción clima – biología floral, primera floración media a *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*

Floración	Días fase	Total				
1	1	2	3	4	5	
Fechas	08.12.20	12.12.20	14.12.20	16.12.20	18.12.20	
	-	-	-	-	-	
	12.12.20	14.12.20	16.12.20	18.12.20	20.12.20	
Días promedio	4.4	2.2	2.2	2	1.8	12.6
Temp. Mín. Promedio	22.7	23.0	21.3	21.1	21.8	
Tm + baja °C	22.4	22.8	20.4	20.8	21.6	

Tabla 7. Consenso de expertos

Pregunta	Consenso
Para usted ¿Cómo se produce el flujo de semillas en el tomate cultivado y en el silvestre?	El consenso de los expertos para la biología floral en cuanto a su flujo de genes y de semillas, se realiza por agua, viento, insectos, de manera natural y espontánea.
¿Tiene conocimiento como se manifiesta la polinización y el flujo de	El consenso de los expertos para la polinización del tomate cerasiforme se realiza por polinización cruzada por

genes en el tomate?	participación principalmente de insectos (abejas, abejorros y avispas), de manera natural y con alguna participación del viento. Para la mayoría de los expertos mencionan que existen riesgos de contaminación por flujo génico desde tomates transgénicos
El empleo del tomate transgénico sería beneficioso ¿Sí o no?	hacia los tomates silvestres, para lo cual se requiere realizar estudios para determinar o no el beneficio de esta tecnología.
¿Qué propone para evitar o disminuir que los tomates nativos o silvestres se crucen con tomates transgénicos?	El común denominador de los expertos es el aislamiento que incluya una zonificación de los tomates transgénicos y respetar distanciamientos de 10 km como mínimo de los tomates silvestres. Hay una mayoría de expertos que mencionan que como medidas de
¿Qué alternativas existen para establecer modelos de bioseguridad ante la decisión de liberar OVM en el Perú?	bioseguridad sería muy útil el distanciamiento con el aislamiento, pero dándoles alternativas viables a los productores agropecuarios para el mejor uso de la biodiversidad.
¿Qué especies nativas o silvestres tienen mayores riesgos de desaparecer?	Para los expertos en el consenso, las especies que tendrían el mayor riesgo en contaminarse serían <i>Solanum</i>

pimpinellifolium y el *Solanum lycopersicum*
var. cerasiforme.

El consenso para los expertos es que se
¿Qué propone para llevar adelante un análisis de riesgos que tiene nuestra diversidad del tomate ante la posibilidad de liberar OVMs en el Perú? deben realizar estudios de línea base, análisis de riesgos que incluye los mapas de riesgos de flujo de polen y de cambio climático, los mapas de riesgos deben incluir la zonificación de especies de tomates nativos.

Tabla 8. Comparativos de los planes experimentales, Tarapoto *Solanum Lycopersicum var. cerasiforme* – Morrope, *Solanum Lycopersicum var. cerasiforme*, *S. lycopersicum L.* y *S. pimpinellifolium*.

Tarapoto	Almacigo	Vegetativa	Floración	Fructificación	Total			
Especie	Siembra	Trasplante	Campo definitivo	Aparición de primer botón floral	Inicio de floración	Fin de floración	Inicio de fructificación	Inicios cosechas

S. l. var.	30		49		16		15	110
cerasifo								
orme								
Morrope	Almacigo		Vegetativa		Floración		Fructificació	Total
							n	
Especie	Siemb	Tra	Campo	Apari	Inicio	Fin	Inicio	Inici
	ra	spl	definiti	ción	florac	de	fructif	o
		ant	vo	de	ión	flora	icació	cos
		e		prime	Fase	ción	n	ech
				r	1	Fas		a
				botón		e 5		
				floral				
S. l. var.	30		21		21		38	110
cerasifo								
orme								
Morrope	Almacigo		Vegetativa		Floración		Fructificació	Total
							n	
Especie	Siemb	Tra	Campo	Apari	Inicio	Fin	Inicio	Inici
	ra	spl	definiti	ción	florac	de	fructif	o
		ant	vo	de	ión	flora	icació	cos
		e		prime	Fase	ción	n	ech
				r	1	Fas		a
				botón		e 5		
				floral				

									fertiliz ados
S. l. var. cerasifor me	Morrope*	Chal a	medi a a	9	4	3.2	3.3	2.8	22.3
S. lycopersic um L.	Morrope*	Chal a	medi a a	9.6	2.3	3	3.3	2	20.2
S. pimpinellif olium	Morrope*	Chal a	medi a a	7	2.6	2.8	3	1.4	16.8
S. l. var. cerasifor me	Tarapoto	Oma gua	medi a a	4.4	2.2	2.2	2	1.8	12.6

Tabla 10. Posición geográfica de las sedes de investigación: Tarapoto *Solanum Lycopersicum* var. *cerasiforme* – Morrope, *Solanum Lycopersicum* var. *cerasiforme*, *S. lycopersicum* L. y *S. pimpinellifolium*.

Especies	Sedes	Altura (m. s. n. m.)	Posición geográfica		Duración de biología floral
			Latitud	Longitud	
S. l. var. cerasiforme	Morrope*	17	6.54775	80.03509	21
S. lycopersicum L.	Morrope*	17	6.54775	80.03509	20

S.	Morrope*	17	6.54775	80.03509	16
pimpinellifolium					
S. l. var.	Tarapoto	275	6.47138	76.39629	16
cerasiforme					

Tabla 11. Polinización en las sedes de investigación: Tarapoto *Solanum Lycopersicum* var. *cerasiforme* – Morrope, *Solanum Lycopersicum* var. *cerasiforme*, *S. lycopersicum* L. y *S. pimpinellifolium*.

Especies	Sede	Floración 1	Fase 4 (polinización) días
S. l. var. cerasiforme	Morrope*	Media	3.3
S. lycopersicum L.	Morrope*	Media	3.3
S. pimpinellifolium	Morrope*	Media	3
S. l. var. cerasiforme	Tarapoto	Media	2

Fuente: Elaboración propia

Tomado de la Línea base MINAM 2020 (*)

Tabla 12. Polinizador

Grupo funcional	Clase	Orden	Familia	Tribu	Nombre común
Polinizador	Insecta	Hymenoptera	Apidae	Meliponini	Abeja
Polinizador	Insecta	Hymenoptera	Apidae	Meliponini	Abeja

Predador	Insecta	Hymenoptera	Chalcididae	Avispa
----------	---------	-------------	-------------	--------

Fuente: Laboratorio de la Escuela Profesional de Agronomía – UNSM, 2021

6. FIGURAS

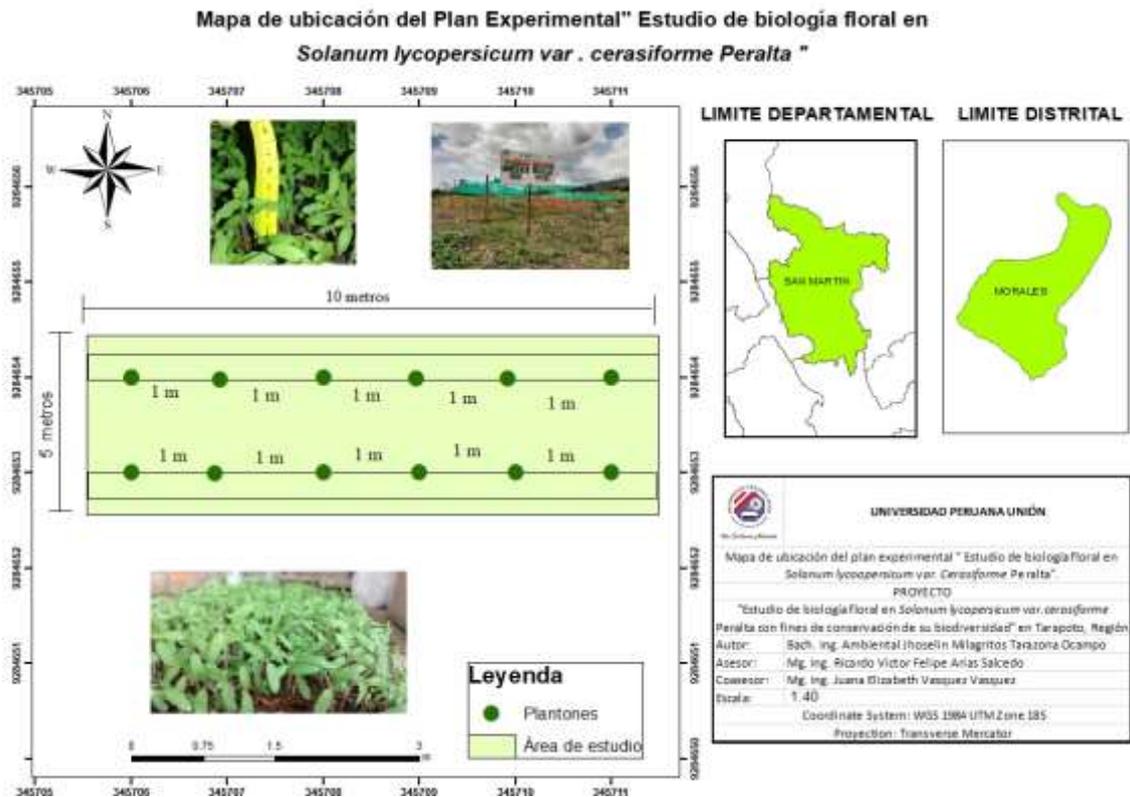


Figura 1. Mapa de ubicación del plan experimental

Figura 2. Secuencia de la biología floral en *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, Tarapoto, Perú



Figura 3. Biología floral *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, Fase 1, Tarapoto, Perú



Figura 4. Biología floral *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, Fase 2, Tarapoto, Perú



Figura 5. Biología floral *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, Fase 3, Tarapoto, Perú



Figura 6. Biología floral *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, Fase 4, Tarapoto, Perú



Figura 7. Biología floral *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, Fase 5, Tarapoto, Perú

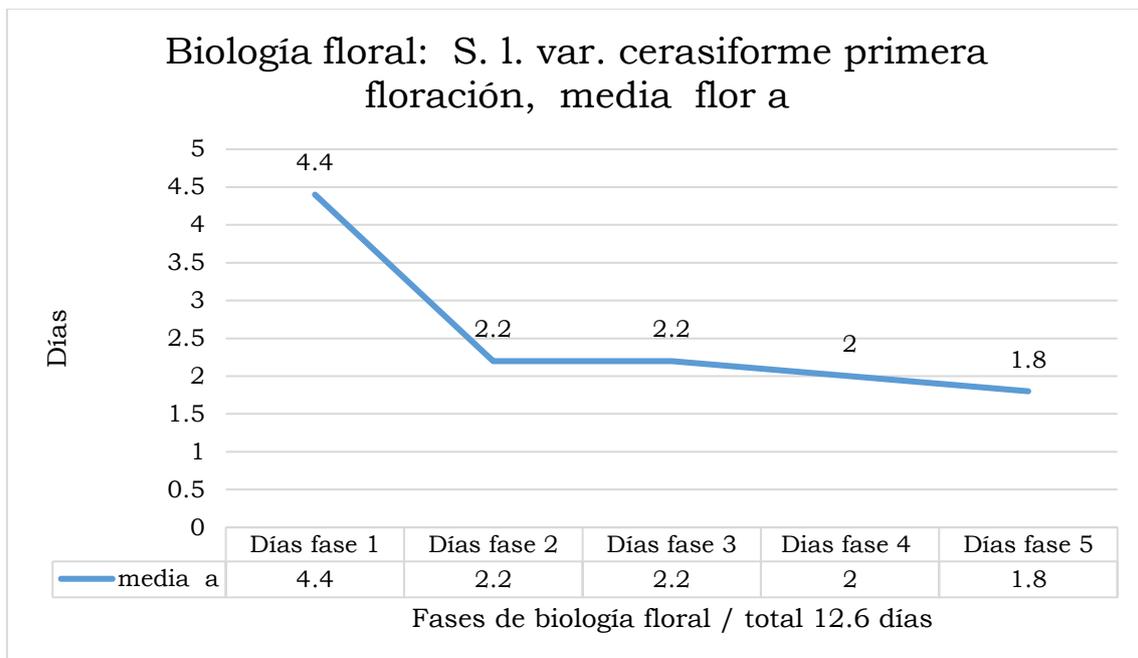


Figura 8. Biología floral *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, Morales, primera floración: media flor a

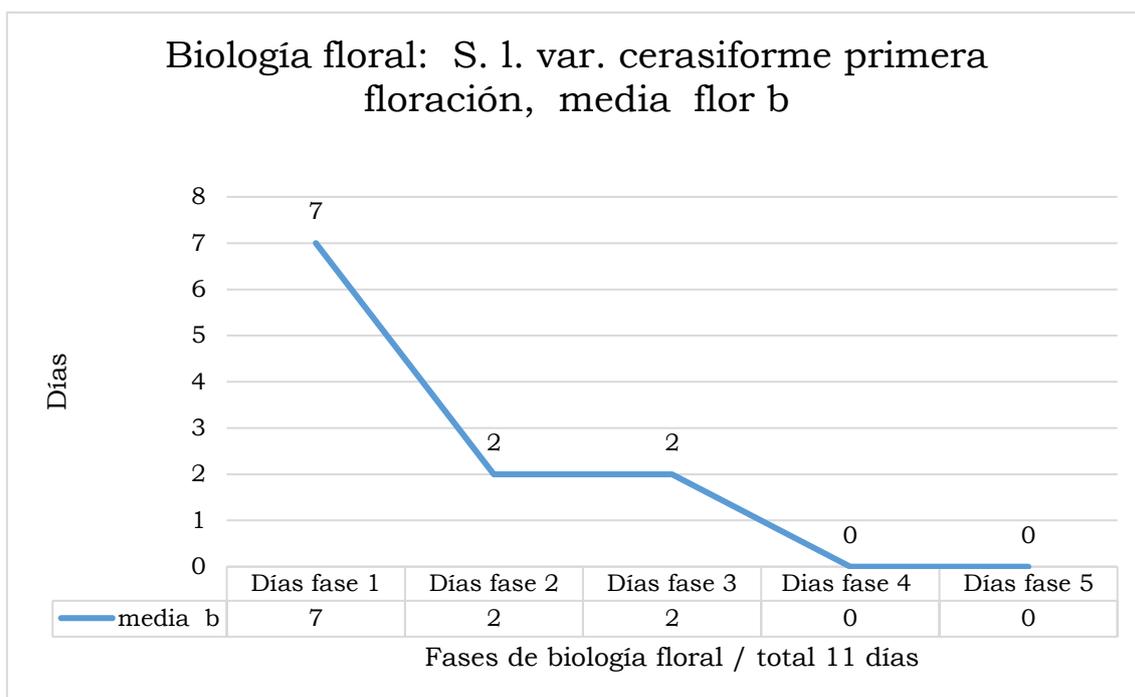


Figura 9. Biología floral *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, Morales, primera floración: media flor b

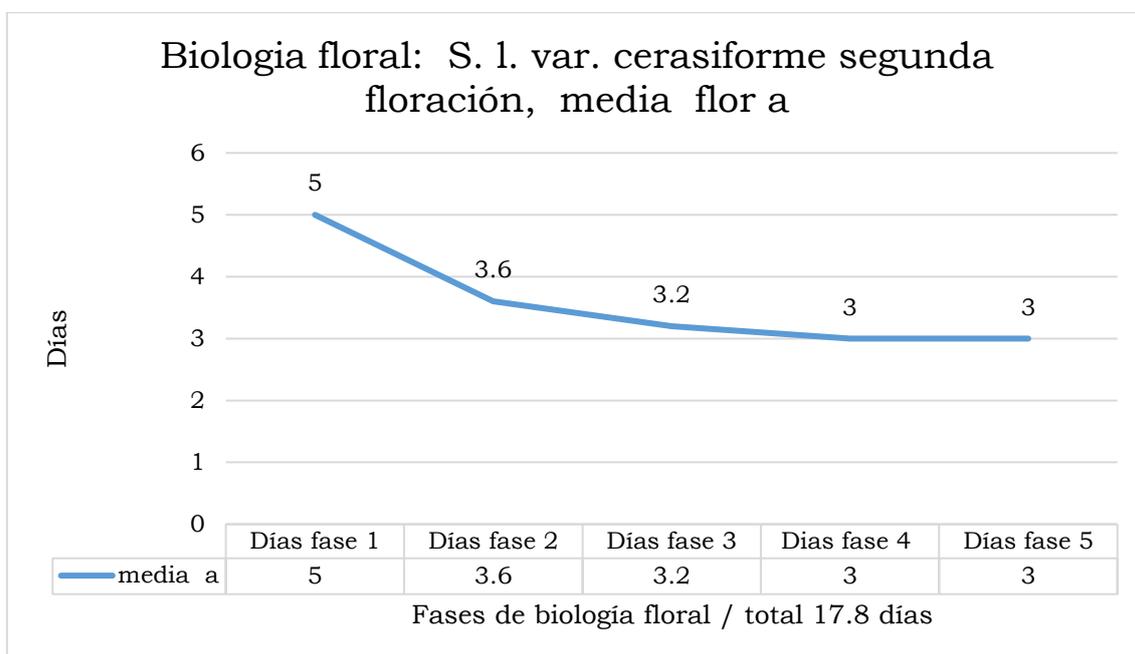


Figura 10. Biología floral, *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, Morales, segunda floración: media flor a

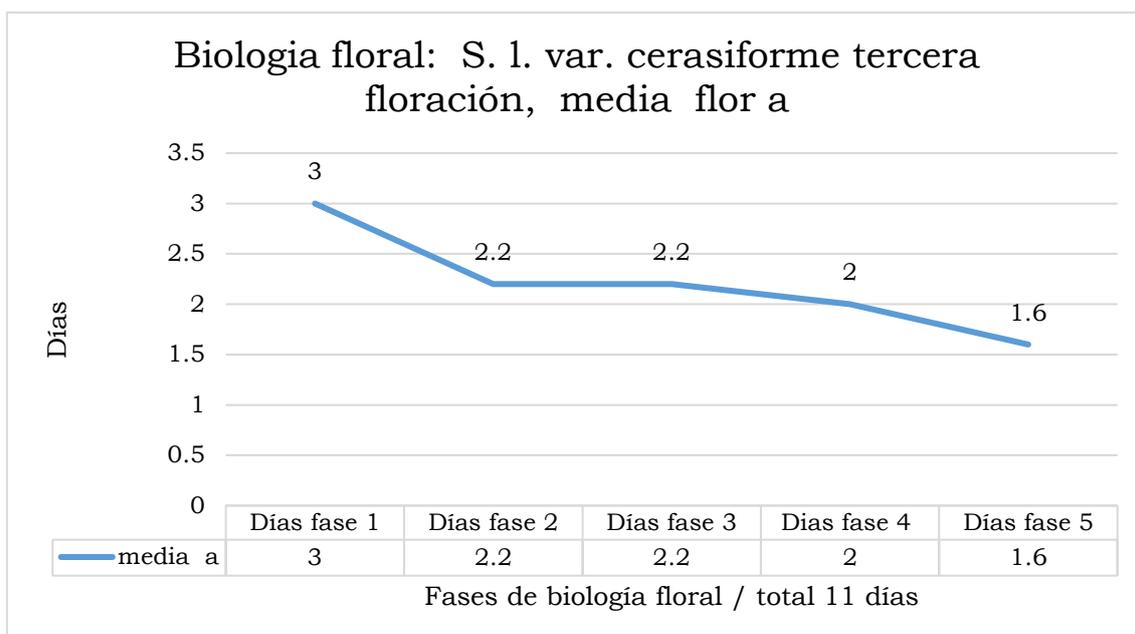


Figura 11. Biología floral *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, Morales, tercera floración: media flor a

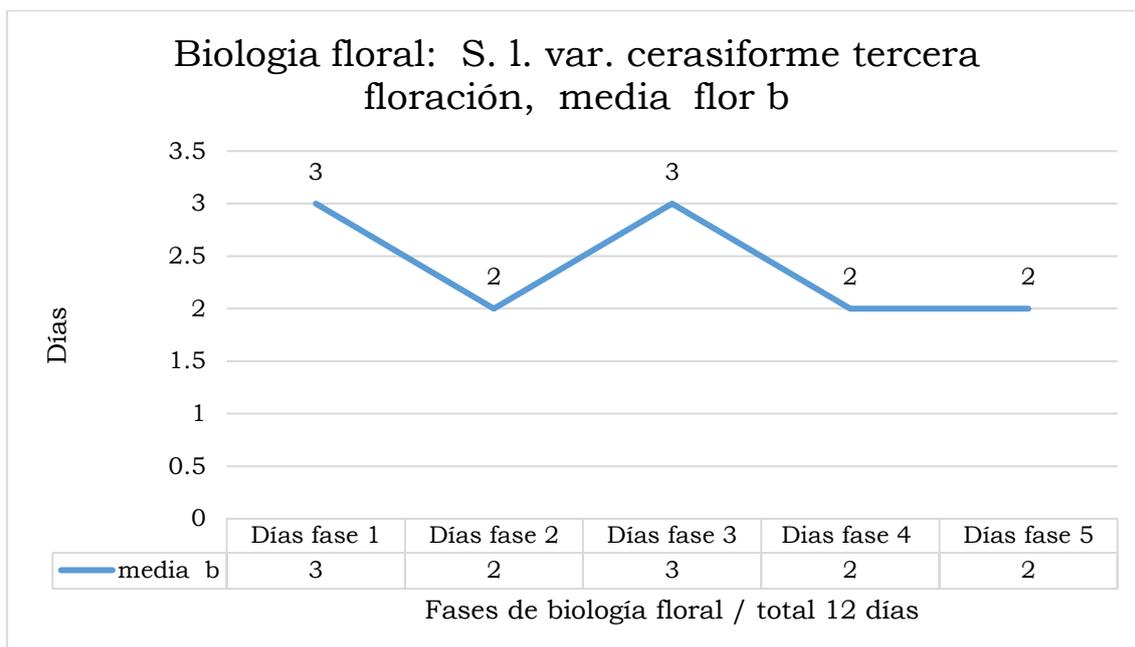


Figura 12. Biología floral *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, Morales, tercera floración: media flor b

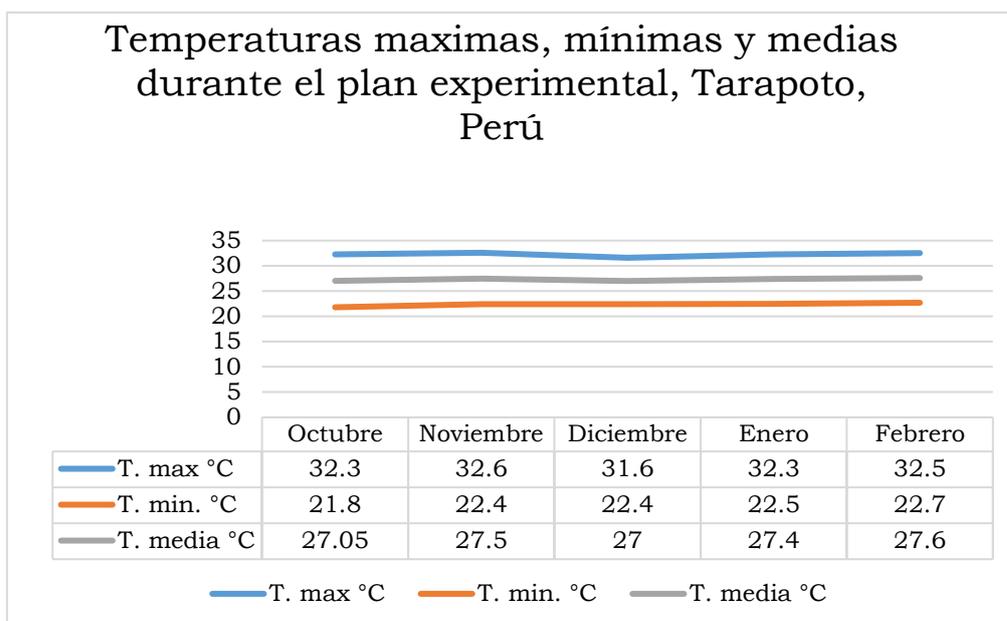


Figura 13. Temperaturas máximas, mínimas y medias durante el plan experimental, Morales, Perú

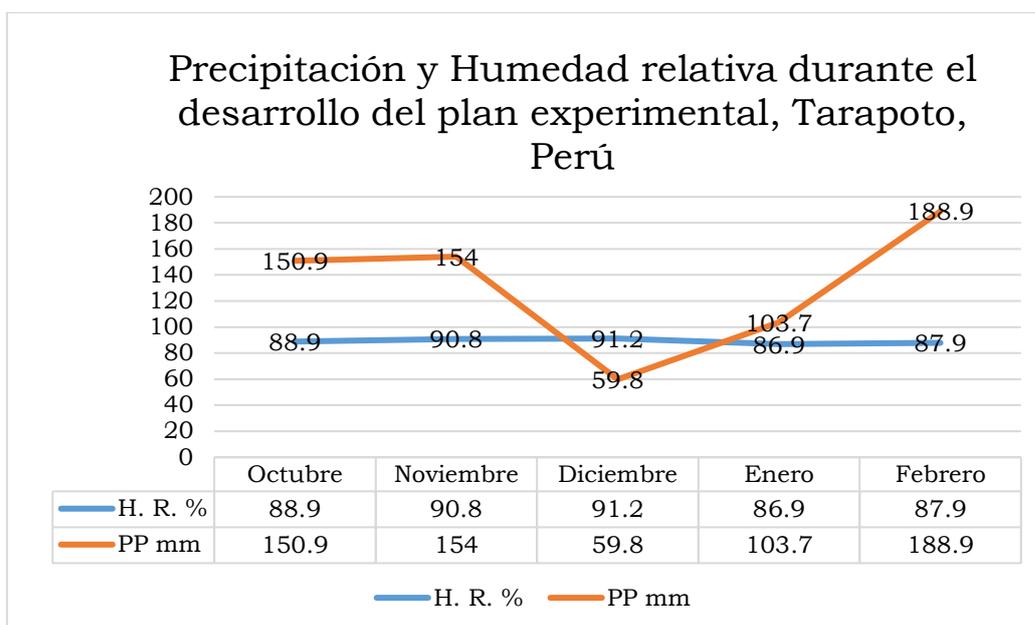


Figura 14. Precipitación y Humedad relativa durante el desarrollo del plan experimental, Morales, Perú

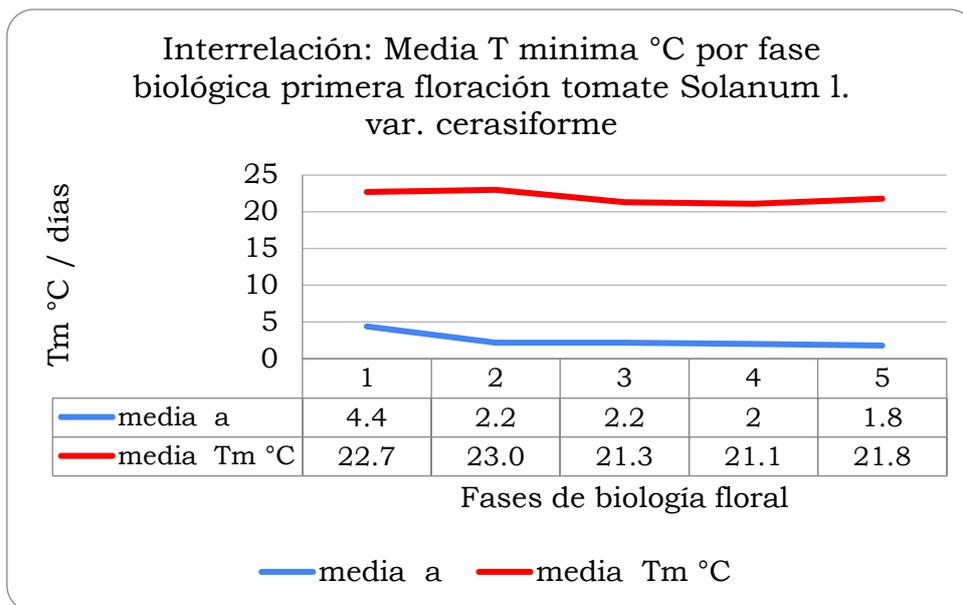


Figura 15. Interacción clima - biología floral de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, primera floración media a, Morales, Perú



Figura 16. ¿Cómo obtienen las semillas de tomate?

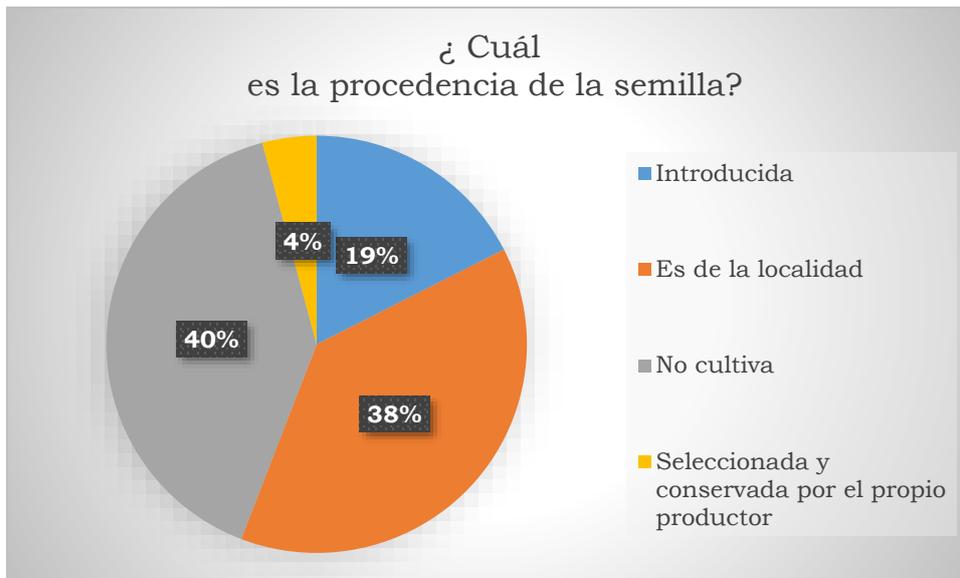


Figura 17. Procedencia de la semilla %

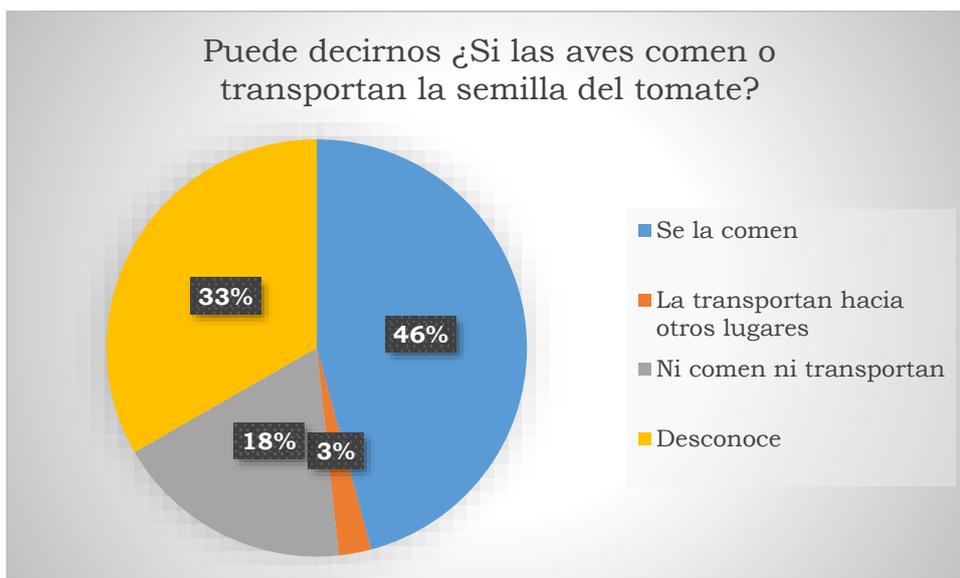


Figura 18. ¿Cree que las aves comen o transportan las semillas del tomate?

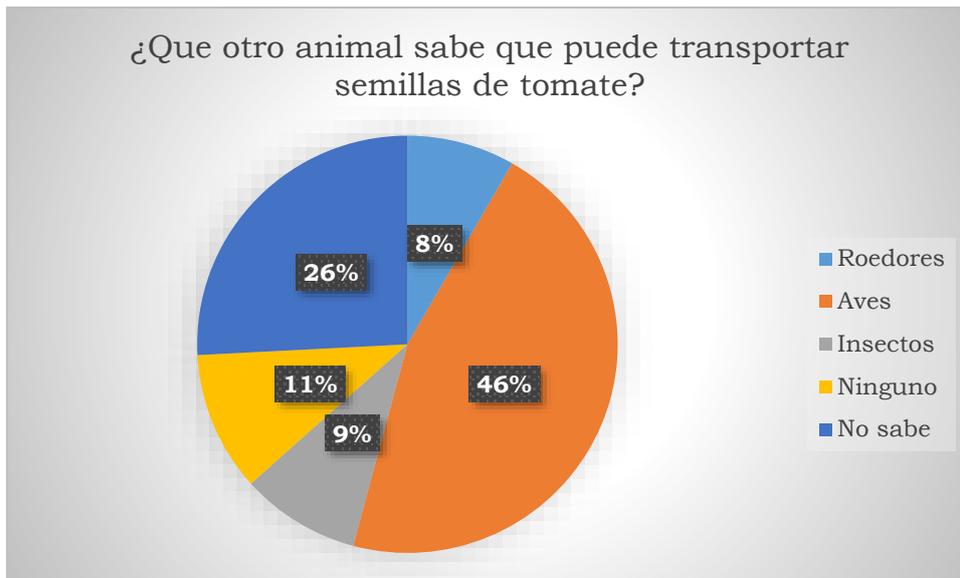


Figura 19. ¿Que otro animal cree usted que transporta o come las semillas de tomate?

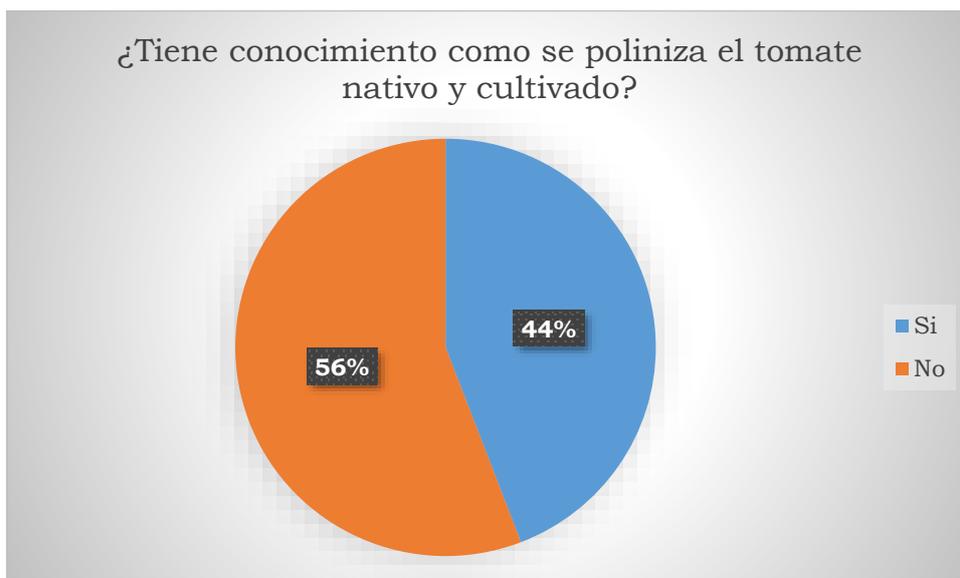


Figura 20. Si conoce como se poliniza el tomate

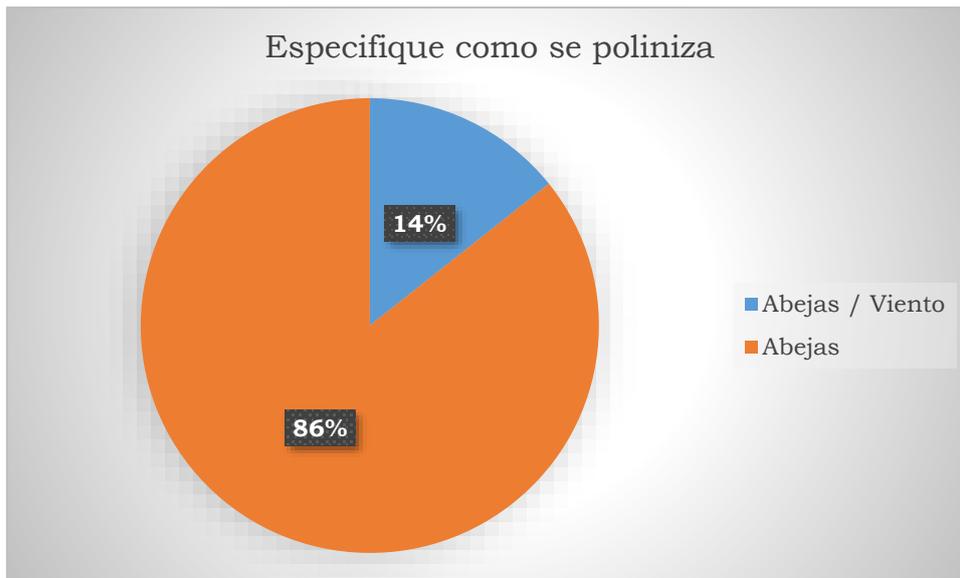


Figura 21. Especifique como se poliniza el tomate

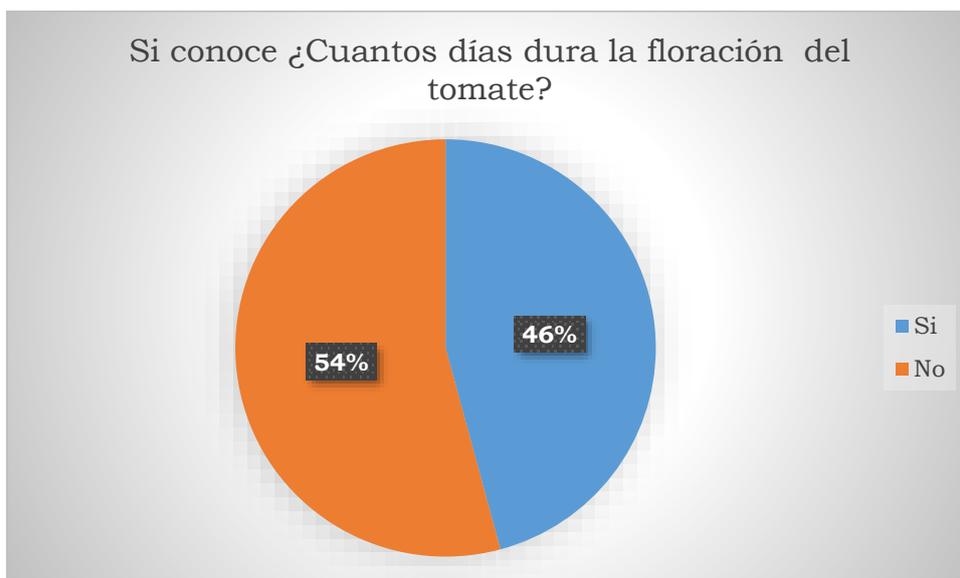


Figura 22. ¿Cuántos días dura la flor?

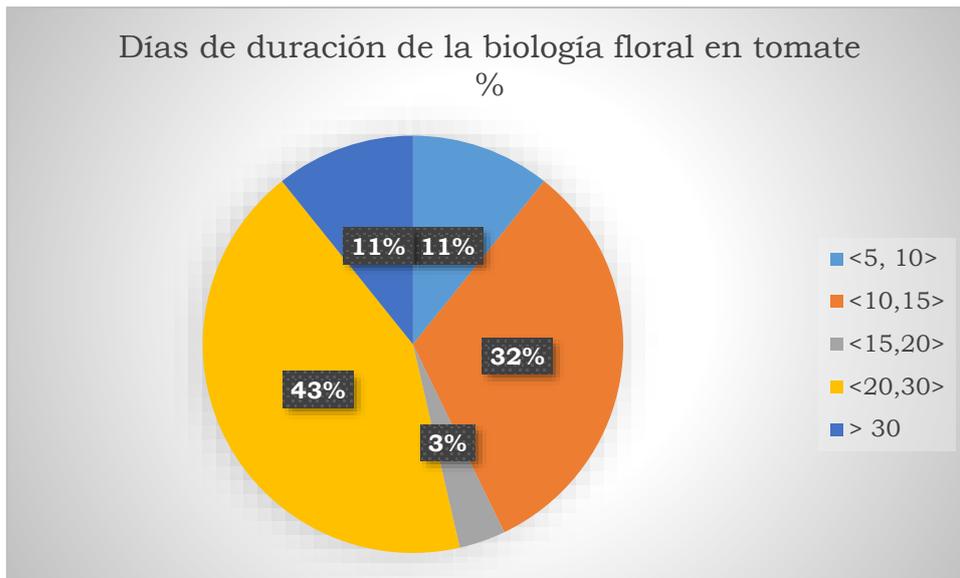


Figura 23. Días de duración de la biología floral en tomate %

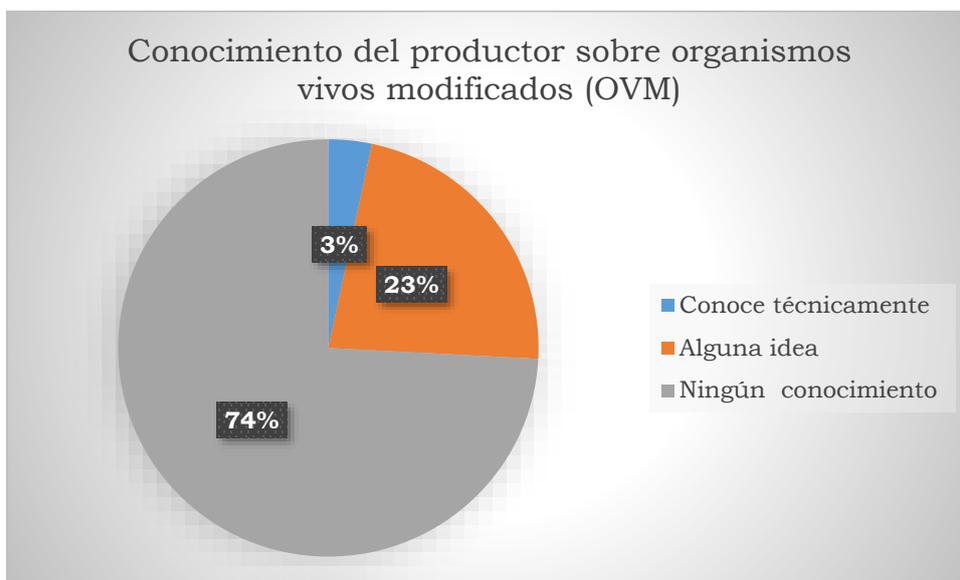


Figura 24. Conocimientos del productor sobre organismos vivos modificados

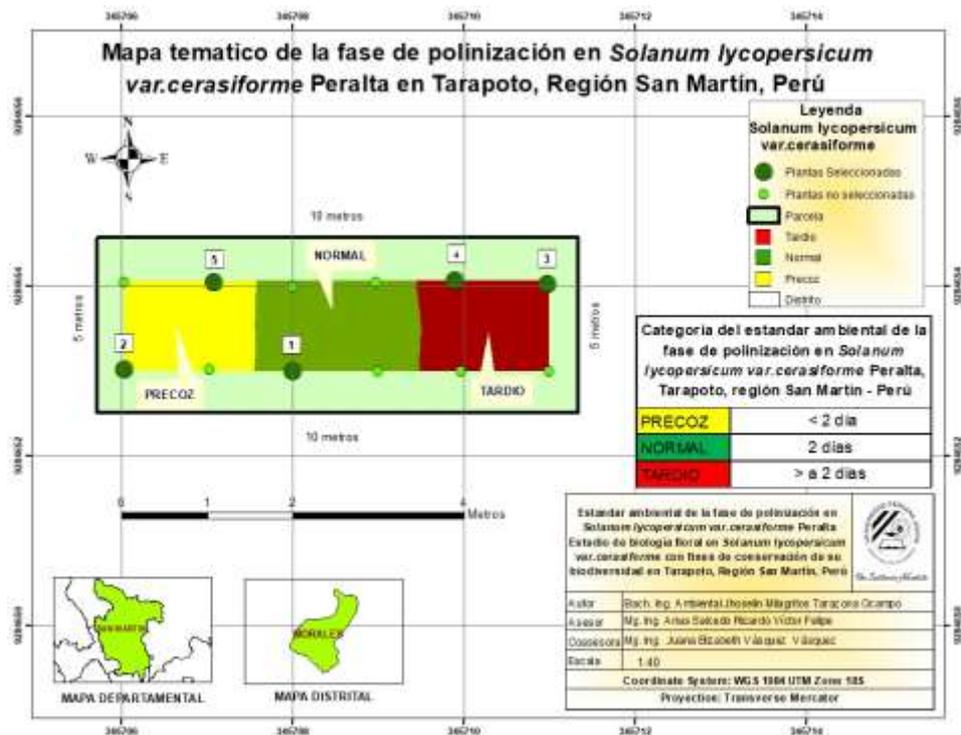


Figura 27. Mapa temático de polinización en *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* en Tarapoto, Región San Martín, Perú



Figura 28. Polinizador, abeja *Meliponini*



Figura 29. Polinizador, abeja *Meliponini*



Figura 30. Predador, avispa

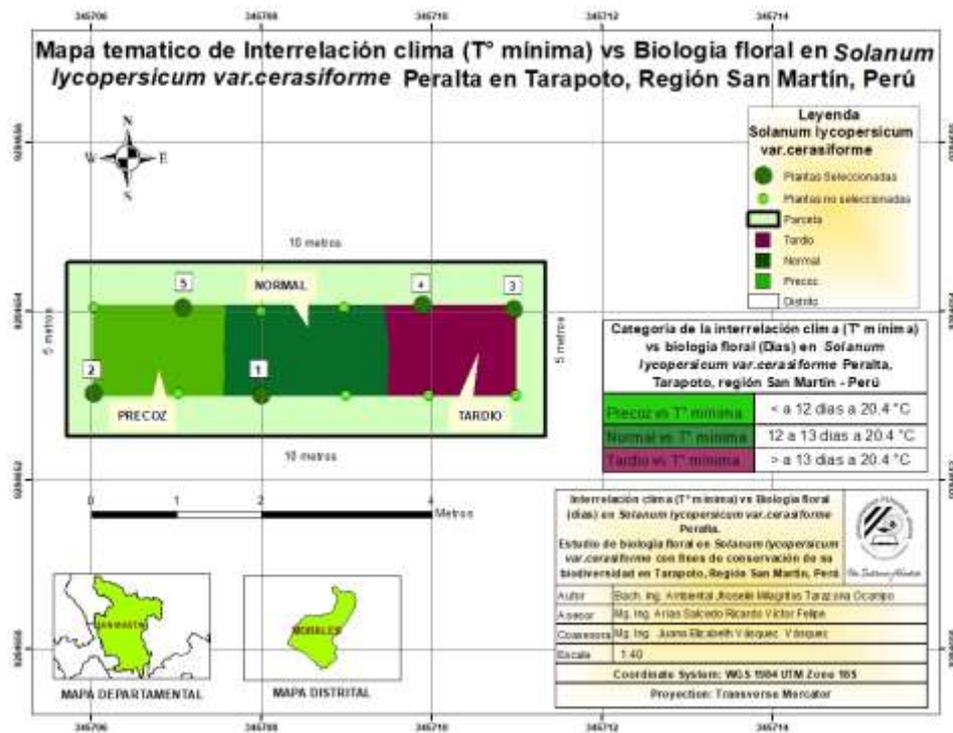


Figura 31. Mapa de interrelación clima (T° mínima) vs biología floral (días) en *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*

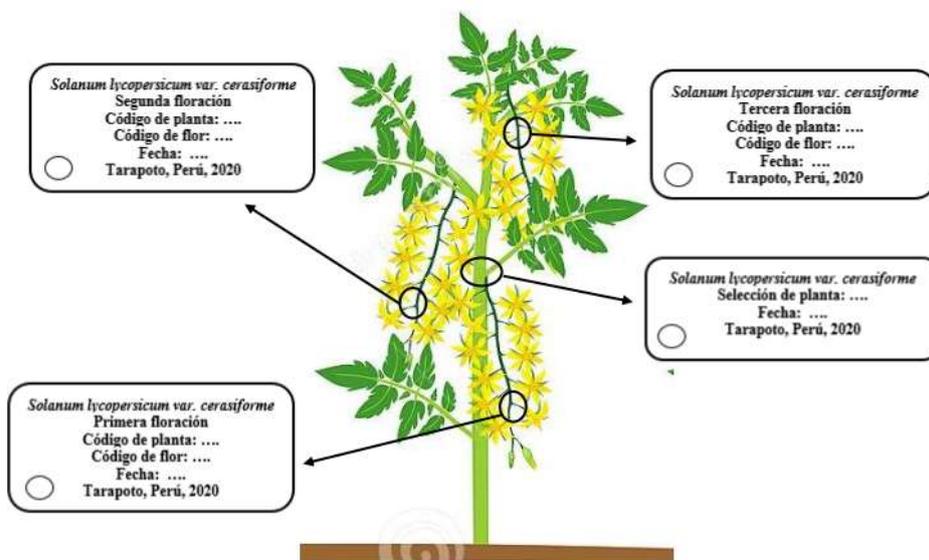


Figura 32. Modelo de etiquetado