

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA DE TOMATILLO
(*Physalis ixocarpa* Brot.) EN SUSTRATO BAJO CONDICIONES
DEL VALLE DE ICA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

MELISSA FIORELLA BARRETO DEL CASTILLO

LIMA – PERU

2023

PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA DE TOMATILLO (*Physalis ixocarpa* Brot.) EN SUSTRATO BAJO CONDICIONES DEL VALLE DE ICA"

ORIGINALITY REPORT

14%

SIMILARITY INDEX

14%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	www.uv.mx Internet Source	2%
2	repositorio.lamolina.edu.pe Internet Source	2%
3	www.scielo.org.mx Internet Source	2%
4	eprints.uanl.mx Internet Source	2%
5	bvpad.indeci.gob.pe Internet Source	1%
6	repositorio.chapingo.edu.mx Internet Source	1%
7	portal.amelica.org Internet Source	1%
8	ninive.uaslp.mx Internet Source	<1%

hdl.handle.net

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA DE TOMATILLO
(*Physalis ixocarpa* Brot.) EN SUSTRATO BAJO CONDICIONES
DEL VALLE DE ICA”**

MELISSA FIORELLA BARRETO DEL CASTILLO

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de:
INGENIERA AGRÓNOMA

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

.....
Dr. Juan Waldir Mendoza Cortez

PRESIDENTE

.....
Ing. Mg. Sc. Isabel Maximiliana Montes Yarasca

ASESOR

.....
Ing. Mg. Sc. Juan Carlos Melchor Jaulis Cancho

MIEMBRO

.....
Ing. Mg. Sc. Sarita Maruja Moreno Llacza

MIEMBRO

Lima – Perú

2023

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi ancla en medio del caos.

A mi padre, Eloy Barreto, mi ángel.

A mi madre, Amable, mujer virtuosa.

A mis hermanos, por ser un ejemplo de motivación para crecer cada día.

AGRADECIMIENTOS

- A Hugo Félix, Raul García, Maria Lourdes Ramírez y Luis Hinostraza, por sus enseñanzas y soporte que ayudaron a fortalecer mi desarrollo personal y profesional.
- A Ricardo Vergara por su soporte durante esta etapa y amistad desde nuestras prácticas profesionales en la producción de semillas.
- A la Ing. Mg. Sc. Isabel Montes, por su tiempo y asesoría para la elaboración del presente trabajo.
- A mis amigos y compañeros de trabajo del rubro de semillas por el apoyo y la motivación brindada durante esta etapa. En especial a Erika Yataco, María Moreno, Ana Quicaño, Favio, Mitsy Arango, John Checca y Henry Fuentes.
- A mi amiga futura Ing. Cristel Zorrilla, por acompañarme durante la redacción de este trabajo y recordarme que si se puede.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	PROBLEMÁTICA	1
1.2.	OBJETIVOS	2
1.2.1.	Objetivo general.....	2
1.2.2.	Objetivos específicos	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL VALLE DE ICA	3
2.1.1.	Clima.....	3
2.1.2.	Suelo	4
2.2.	CULTIVO DE TOMATILLO (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot.).....	4
2.2.1.	Descripción morfológica	4
2.2.2.	Distribución	6
2.2.3.	Taxonomía	7
2.2.4.	Especies del género <i>Physalis</i>	7
2.3.	PRODUCCIÓN DE SEMILLAS HÍBRIDAS.....	8
2.3.1.	Concepto de un híbrido.....	8
2.3.2.	Polinización en tomatillo	9
2.3.3.	Autoincompatibilidad en (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Hormen).....	9
2.3.4.	Clases y categorías de semilla	9
2.3.5.	Calidad de las semillas híbridas.....	10
III.	DESARROLLO DEL TRABAJO.....	15
3.1.	CALENDARIO DE SIEMBRA	15
3.2.	REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS	16
3.2.1.	Temperatura.....	16
3.2.2.	Humedad relativa.....	16
3.2.3.	Luz.....	16
3.3.	REQUERIMIENTOS EDÁFICOS	17
3.4.	ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO DE TOMATILLO PARA PRODUCCIÓN DE SEMILLAS HÍBRIDAS.....	17
3.5.	IMPORTACIÓN DE LA SEMILLA BÁSICA	19
3.6.	SIEMBRA.....	19

3.6.1. Ratio hembra y macho	20
3.6.2. Pre-germinación.....	20
3.6.3. Almácigo.....	21
3.7. TRASPLANTE	23
3.7.1. Sustrato	24
3.7.2. Disposición del trasplante en casa malla	27
3.8. MANEJO AGRONÓMICO EN LA ETAPA VEGETATIVA	28
3.8.1. Sistema de conducción de plantas	28
3.9. MANEJO AGRONÓMICO EN LA ETAPA DE HIBRIDACIÓN	29
3.9.1. Hibridación	30
3.10.ROGUING	38
3.11.MANTENIMIENTO DEL CULTIVO	39
3.11.1. Poda de cierre	39
3.11.2. Remoción de frutos autopolinizados	40
3.12.COSECHA	40
3.13.TRILLA.....	43
3.14.PROCESAMIENTO DE SEMILLAS.....	44
3.14.1. Lavado	44
3.14.2. Secado de semillas.....	45
3.14.3. Limpieza de semillas	46
3.14.4. Empaque	47
3.14.5. Exportación.....	48
3.15.RIEGO Y NUTRICIÓN	48
3.16.CONTROL FITOSANITARIO	49
3.16.1. Plagas y enfermedades presentes en el Valle de Ica.....	49
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
V. CONCLUSIONES	53
VI. RECOMENDACIONES	54
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación taxonómica de <i>Physalis ixocarpa</i> Brot. Ex Hornem.....	7
Tabla 2: Calendario de siembra para el Valle de Ica.....	15
Tabla 3: Requerimientos mínimos y máximos de temperatura para la producción de semillas tomatillo en el Valle de Ica.....	16
Tabla 4: Requerimientos de temperatura y humedad relativa para la hibridación de tomatillo en el Valle de Ica.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica de la ciudad de Ica	3
Figura 2: Distribución geográfica del género <i>Physalis</i> en México.....	6
Figura 3: Capacidades fisiológicas que adquieren las semillas durante su desarrollo	11
Figura 4: Ventanas de siembra de acuerdo con el promedio de temperatura del año 2021	15
Figura 5: Etapas del desarrollo del cultivo de tomatillo (líneas hembra y macho) para producción de semillas	17
Figura 6: Flujo del proceso de producción de semillas	18
Figura 7: Semillas de tomatillo durante el enjuague con agua posterior al tratamiento de desinfección con la sal triple inorgánica.....	21
Figura 8: Semillas pregerminadas de tomatillo antes del traspaso a bandejas con sustrato.....	22
Figura 9: Emergencia de plántulas de tomatillo dentro de los túneles de almacigo.....	23
Figura 10: Bandejas de plántulas de tomatillo dentro del almacigo listas para el trasplante a casa malla	24
Figura 11: Incorporación de la turba y la arena en el trompo mezclador	25
Figura 12: Croquis del sistema de canaletas de propileno.....	26
Figura 13: Tendido e instalación de canaletas en casa malla	26
Figura 14: Incorporación del sustrato y vista final de la casa malla lista para trasplante ...	27
Figura 15: Disposición del trasplante de tomatillo en casa malla	28
Figura 16: Campos de tomatillo a los 10 DDT y 15 DDT con soportes colocados para tutorado.....	29
Figura 17: Sistema de conducción en tomatillo.....	30
Figura 18: Patrón de ramificación típico de una planta de tomatillo, mostrando del primer al quinto nudo	30
Figura 19: Cruzamiento de los parentales masculino y femenino para la obtención de un híbrido.....	31
Figura 20: Colección de flores del parental macho de tomatillo en bandejas de poliestireno debidamente rotuladas para mantener la trazabilidad.....	32
Figura 21: Índice de cosecha de flores del parental macho para la obtención de polen.....	32
Figura 22: Extracción de anteras de las flores colectadas del parental macho debidamente rotuladas	33

Figura 23: Secado de las anteras de tomatillo con exposición a luz artificial	33
Figura 24: Extracción de polen en contenedor de plástico	34
Figura 25: Cajas de Tecnopor forradas con lámina aluminizada para mantener la temperatura en la casa malla.....	35
Figura 26: Procedimiento de Emasculación de flores de tomatillo. Botón floral óptimo para iniciar el retiro de estambres.....	36
Figura 27: Flor de tomatillo un día después de haber sido emasculada	36
Figura 28: Polinización manual y marcado de flores	37
Figura 29: <i>Roguing</i> del parental hembra en tomatillo durante crecimiento vegetativo.....	38
Figura 30: Planta de tomatillo presentando solo frutos marcados por hibridación	39
Figura 31: Evaluación de frutos y semillas de tomatillo antes de la cosecha.....	40
Figura 32: Prueba de germinación precosecha en una variedad de tomatillo de color púrpura para determinar el índice de cosecha	41
Figura 33: Cosecha de frutos de variedades de tomatillo	42
Figura 34: Poscosecha de frutos de tomatillo	42
Figura 35: Trilla manual de semillas de tomatillo	43
Figura 36: Máquina trilladora. Utilizada para trillar tomatillo, pimiento y tomates	44
Figura 37: Lavado de semillas de tomatillo.....	45
Figura 38: Mesa de secado natural hecha de malla antiáfida con las bolsas de semilla.....	45
Figura 39: Secadores de aire caliente	46
Figura 40: Limpieza manual de semilla de tomatillo	47
Figura 41: Pesado de semilla limpia lista para ser empacada.....	47
Figura 42: Rangos referenciales de CE y porcentaje (%) de drenaje para la producción de semillas de tomatillo	49
Figura 43: Calendario de aplicaciones químicas para el cultivo de tomatillo	50

RESUMEN

El presente trabajo describe las etapas del proceso de producción de semillas híbridas de tomatillo en sustrato bajo condiciones del Valle de Ica, desde la importación de la semilla básica de cada parental, la siembra de estos, el trasplante a canaletas de sustrato, podas, cosecha de flores macho, la hibridación, cosecha de frutos, poscosecha, trilla, lavado, secado, limpieza y la exportación de la semilla híbrida. Una correcta hibridación comprende la emasculación de las flores del parental hembra, antes de la dehiscencia del estambre, para asegurar la calidad genética y la polinización manual de las flores que presenten el estigma receptivo. El seguimiento a los parámetros de fertirriego se realiza durante el desarrollo del cultivo y es crucial durante la etapa de hibridación, debiendo mantener un 20% de drenaje, una CE: 2.4 dS/m y un pH entre 5.5 – 6.5. Los componentes de rendimiento para la producción de semilla híbrida de tomatillo son: el número de plantas, número de frutos hibridados, número de semillas por fruto, y el peso de 1000 semillas; determinados por la variedad, las condiciones del clima, ventana de siembra y el manejo agronómico durante el desarrollo del cultivo. Para asegurar la pureza genética y trazabilidad del lote de semilla a exportar es importante la designación de un código de identificación, empleando etiquetas con la información precisa de los parentales de las variedades que se producirán durante la campaña desde la llegada de la semilla al fundo hasta su exportación.

Palabras clave: Tomatillo, semilla, sustrato, hibridación.

ABSTRACT

The present work describes the stages of the production process of hybrid seeds of tomatillo in substrate under conditions of the Ica Valley, from the importation of the foundation seed of each line, the sowing of these, the transplanting to substrate gutters, pruning, harvest of male flowers, hybridization, harvest of fruits, post-harvest, threshing, washing, drying, cleaning and export of the hybrid seed. A correct hybridization includes the emasculation of the flowers of the female line, before stamen dehiscence, to ensure the genetic quality and the hand pollination of the flowers that present the receptive stigma. Fertigation parameters are monitored during crop development and are essential during the hybridization stage, maintaining 20% drainage, EC: 2.4 dS/m and pH between 5.5 - 6.5. The yield components for the production of hybrid seed of tomatillo are: number of plants, number of pollinated fruits, number of seeds per fruit, and weight of 1000 seeds; determined by the variety, climatic conditions, sowing window and agronomic management during crop development. To ensure the genetic purity and traceability of the seed lot to be exported, it is important to designate an identification code, using labels with precise information of the line of the varieties that will be produced during the season since the arrival of the seed lot until it is exported.

Keywords: Tomatillo, seed, substrate, hybridization.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMÁTICA

El tomatillo, tomate de cáscara o tomate verde (*Physalis ixocarpa* Brot.) es una hortaliza que pertenece a la familia de las Solanáceas y presenta una alta demanda en Mesoamérica, cuyo centro de origen y diversidad se encuentra principalmente en México, donde existen numerosas especies del género distribuidas en todo el país (D'Arcy, 1991).

En el 2020, el rendimiento de tomatillo fresco en México fue de 766 mil 515 toneladas, con un área sembrada de 39 mil hectáreas, teniendo como destino Estados Unidos, Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, Suiza, Reino Unido, Kuwait y Dinamarca (SADER, 2022). En los últimos años los precios de tomatillo han llegado a ser similares o hasta superiores que los del tomate (*Solanum lycopersicum* L.); inclusive durante los períodos en que los precios del tomate se incrementan, el tomatillo se utiliza como un sustituto (Vargas *et al.*, 2015).

El propósito que tiene la producción de semillas de tomatillo es aprovisionar el mercado con productos de calidad, de acuerdo a los principales componentes fisiológicos, genéticos, físicos y sanitarios de la semilla, para garantizar la inocuidad alimentaria y eficiencia en el suministro de los derivados de los cultivos que se producen.

En la actualidad, los avances en el mejoramiento genético proporcionan nuevos híbridos con características favorables para los productores tales como una mayor resistencia a plagas y enfermedades o a los cambios climáticos, esto hace que se generen avances en la tecnología para el desarrollo del cultivo, como la producción en sustratos, con el objetivo de lograr semillas de calidad para satisfacer los requerimientos de los consumidores.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Describir las distintas etapas que comprenden el proceso de producción de semillas híbridas de tomatillo en sustrato bajo condiciones del Valle de Ica.

1.2.2. Objetivos específicos

- Describir los procesos y consideraciones a tomar para el buen desempeño de la hibridación.
- Identificar los parámetros de fertirriego para determinar la producción de tomatillo en sustrato.
- Describir los componentes de rendimiento que influyen en la producción.
- Describir la importancia de la identificación de las variedades y seguimiento de la trazabilidad para el cumplimiento de la calidad requerida.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL VALLE DE ICA

El departamento de Ica está situado en la costa sur central del litoral peruano (Figura 1). Comprende una superficie de 21 328 km², que equivale al 1,7 por ciento del territorio nacional, de 22 km² de superficie insular oceánica. En el norte limita con Lima, al este con Ayacucho y Huancavelica, con Arequipa al sur y al oeste con el Océano Pacífico.

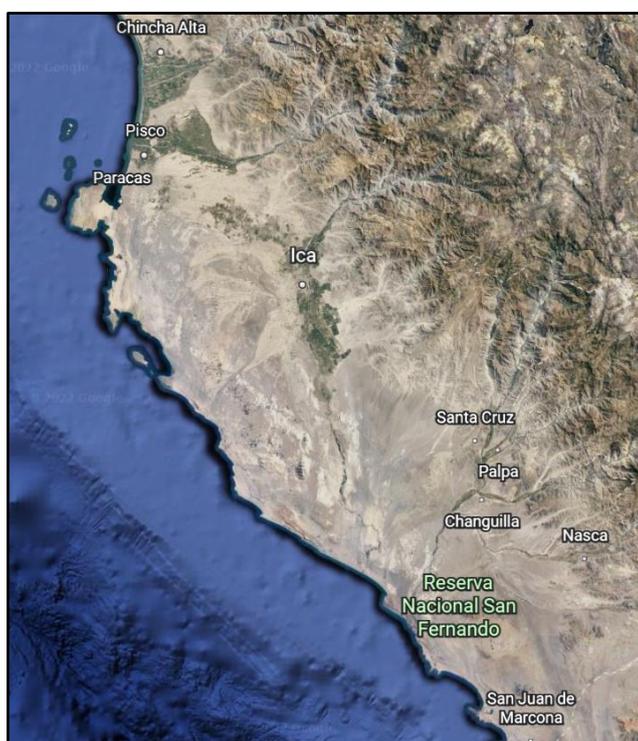


Figura 1: Ubicación geográfica de la ciudad de Ica

FUENTE: Google Maps (2022).

2.1.1. Clima

En el departamento de Ica el clima de mayor extensión es el árido, templado con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año en gran parte de las provincias de Chíncha, Pisco, Ica, Palpa y Nasca (SENAMHI, 2021).

Según Chacaltana (2000), el Valle de Ica presenta una temperatura contrastada: cálida en el día y fría en la noche, siendo su temperatura promedio anual de 22°C y una máxima de 32°C, que se presenta en el mes de febrero y una mínima de 10°C, que se presenta en los meses de julio y agosto.

La humedad atmosférica es alta en el litoral y disminuye hacia el interior del departamento de Ica. Las precipitaciones son escasas, generalmente, debajo de 15 mm anuales. El viento Paracas, brisa marina de alta intensidad sopla en Pisco y Paracas logrando despejar los cielos de esta zona (INDECI, 2007).

2.1.2. Suelo

El suelo del valle de Ica corresponde al grupo Fluvisol Eutrico – irrigado, modificado de fase climático térmico, en su entorno y en el cercado es Fluvisol Eutrico-seco de fase climático árido térmico. Está constituido por depósitos fluvio - aluvial y aluviales apto para uso urbano y agrícola, siendo el área agrícola en el distrito de 2 498.39 ha (Chacaltana, 2000).

El sistema hidrológico del Valle de Ica está compuesto por: el río Ica, el Canal de la Achirana, las subcuencas de las quebradas Cordero, Raquel y Cansas y las aguas superficiales. Específicamente, las fuentes hídricas del río Ica son de tipo superficial y estacional y/o temporal, de enero a marzo, y las de tipo subterráneas provienen de pozos tubulares que son extraídas por medio de sistemas de bombeo; son de buena calidad, utilizados con fines urbanos, industriales y agrícolas (Chacaltana, 2000).

2.2. CULTIVO DE TOMATILLO (*Physalis ixocarpa* Brot.)

2.2.1. Descripción morfológica

El tomatillo es una planta herbácea anual, glabra y erecta de 40 a 120 cm de altura. El tallo presenta ramificación dicotómica, es cilíndrico, vigoroso y herbáceo en las primeras fases de desarrollo tanto en hojas como en ramas. Tiene un diámetro de aproximadamente 12 mm a los 56 días, con ramas primarias de 9 mm que llegan a extenderse a un metro de longitud (Vargas *et al.*, 2003). El tallo está cubierto por algunos tricomas (Seleem & Nassar, 2021).

a. Hojas

Las hojas son alternas, de limbo ovado a lanceolado, simples sin estípulas; grandes y ovaladas, de color verde, de 8- 12 cm de largo y 4- 5,5 cm de ancho, con base atenuada y ápice ligeramente acuminado (Seleem & Nassar, 2021); de márgenes irregularmente dentados de 6 dientes por cada lado, glabras en ambas caras, con pecíolos de 5 a 6 cm de largo (Vargas *et al.*, 2003).

b. Flores

Las flores son hermafroditas o perfectas, son individuales, es decir, están sobre pedicelos axilares o extraxilares. (Saray & Loya, 1977). Son grandes y abiertas, de 1.8 cm de diámetro y poseen corola amarilla monopétala de bordes brillantes, con cinco manchas de color pardo negruzco y presenta un cáliz pentadentado (Taboada y Oliver, 2004). Presenta cinco estambres con anteras azules, convolutas después de la dehiscencia. Su ovario es súpero, de pistilo ligeramente corto y de estigma pequeño. Cuando la flor ha sido polinizada se cierra y no vuelve a abrirse, para luego comenzar a marchitarse y caer (Pérez *et al.*, 1998). Las flores son perfectas, pero presentan autoincompatibilidad gametofítica (Vargas *et al.*, 2003).

c. Fruto

Es un fruto tipo baya de distintas tonalidades, entre ellas verde, amarillo, incluso morado; que varía desde 2 cm de diámetro hasta 5.5 cm. Es succulenta y su sabor puede variar entre ácido o dulce. Presenta un cáliz glabro con diez líneas de tonalidades de verde a púrpuras en la base, en forma de globo, que contiene a la baya cuando esta empieza a crecer posterior a la fecundación (Vargas *et al.*, 2003). El cáliz llega a su máximo tamaño antes de la maduración del fruto y algunos de ellos pueden llegar a completar la capacidad la bolsa hasta inclusive romperla, que es lo frecuente, de esta manera la base del fruto queda expuesta (Saray & Loya, 1977).

d. Semilla

Se define a una semilla como una planta en miniatura, la cual está empaquetada para su almacenamiento y envío, ya que una semilla contiene una planta en forma de embrión, junto con una reserva de alimentos (endospermo, cotiledones u otro

tejido nutritivo) y una envoltura protectora llamada testa (Elias *et al.*, 2012). Tiene la capacidad de perpetuar la especie, cumpliendo la función de proporcionar nutrientes para abastecer a la nueva planta en las primeras etapas de su crecimiento (Benech-Arnold & Sánchez, 2004). Son pequeñas, de color crema pálido, de testa lisa, forma ovoide y aplanada, de aproximadamente 2.1 mm de largo y 1.7 mm de ancho; el peso de 1000 semillas alcanza un promedio de 1.3 g y un fruto presenta alrededor de 300 semillas (Seleem & Nassar, 2021). Se le puede considerar madura fisiológicamente a los 55 días después de la polinización (Pérez *et al.*, 2012).

2.2.2. Distribución

La mayoría de las especies del género *Physalis* se encuentran en América y solo unas pocas en Europa y Asia (Hunziker, 2001). Presenta alrededor de 90 especies reconocidas en el mundo (D'Arcy, 1991); 71 de ellas se encuentran en territorio mexicano (Santiaguillo *et al.*, 2010); 17 se distribuyen en Estados Unidos y Centroamérica y tres de ubican en Guatemala (Knapp *et al.*, 2007). Su principal centro de origen y diversidad se encuentra en México (Figura 2) donde existen numerosas especies silvestres distribuidas en todo el país (D'Arcy, 1991).



Figura 2: Distribución geográfica del género *Physalis* en México

FUENTE: Santiaguillo *et al.* (2010)

2.2.3. Taxonomía

Physalis pertenece a la familia Solanaceae y esta se ubica en la subfamilia Solanoideae, Tribu Physaleae, Subtribu Physalinae (D' Arcy, 1991). Existe gran discusión en la taxonomía de *Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem. ya que presenta diferentes sinónimos taxonómicos, se le conoce también como *Physalis aequata* J. Jacq.ex Nees, *Physalis chenopodifolia* Willd., *Physalis laevigota* M. Martens&Galeotti, *Physalis philadelphica* f. pilosa Waterf., *Physalis philadelphica* var. minor Dunal y *Physalis philadelphica* Lam. (Santiaguillo *et al.*, 2010).

La nomenclatura ha sido complicada de definir debido a la variabilidad genética del taxón que se manifiesta en numerosos rasgos morfológicos, dado a la falta de muestras de herbario y a la escasez de colectas en campo (Santiaguillo *et al.*, 2012).

Tabla 1: Clasificación taxonómica de *Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem

Ubicación Taxonómica	Nombre Científico
Reino	Vegetal
División	Espermatophyta
Clase	Angiospermae
Orden	Polemoniales
Familia	Solanaceae
Género	<i>Physalis</i>
Especie	<i>Ixocarpa</i> Brot. Ex Hornem

FUENTE: Benson (1957)

Según Menzel (1951), las especies de *Physalis* son diploides y tienen 24 cromosomas ($2n=2x=24$). *Physalis ixocarpa* Brot. Ex Hornem tiene 24 cromosomas. De acuerdo con la posición del centrómero, sus cromosomas son generalmente: 4 metacéntricos, 5 a 7 submetacéntricos y 1 a 3 subtelocéntricos (Grimaldo, *et al.*, 1999).

2.2.4. Especies del género *Physalis*

Existe una alta diversidad genética comprendida en el género *Physalis*, donde sólo *P. alkekengi*, *P. grisea*, *P. ixocarpa* y *P. peruviana* son de importancia económica (Santiaguillo, *et al.*, 2009), siendo la última cultivada en Perú, Colombia, Haití y Costa Rica, en donde se consume como fruta (Menzel, 1951).

De acuerdo a los estudios realizados en México sobre caracteres morfológicos y agronómicos, la variabilidad genética de *Physalis ixocarpa* se agrupa en ocho tipos o razas: Silvestre, Milpero, Arandas, Tamazula, Manzano, Rendidora, Salamanca y Puebla (Ayala *et al.*, 1992), las mismas a las que su ADN ha sido estudiado para establecer sus distancias genéticas y caracterización molecular, tomando como base el hecho de que todos estos materiales son autoincompatibles, se cruzan entre sí y producen descendencia fértil, por lo que pertenecen a la misma especie (Peña *et al.*, 1998).

2.3. PRODUCCIÓN DE SEMILLAS HÍBRIDAS

2.3.1. Concepto de un híbrido

En lo que respecta a la producción comercial de semillas, un híbrido es el resultado del cruce de dos líneas parentales distintas, que se han mantenido bajo el control o la supervisión de fitomejoradores, y que se sabe que presentan características deseables en el mercado como: uniformidad, mayor vigor, precocidad, mayor rendimiento y resistencia a plagas y patógenos específicos, aunque no siempre todos estos factores están todos presentes en cualquier cultivar de una especie vegetal (George, 2005).

La producción de semillas es importante para abastecer el comercio local, el cultivo comercial para el mercado fresco y procesado; y para mantener un estilo de vida saludable, por esta razón es crucial realizar estudios y selecciones de parentales (George, 2005).

De acuerdo con los conceptos descritos inicialmente acerca de la producción de semillas híbridas, MacRobert *et al.*, (2015) mencionan que es importante determinar la identidad, pureza y conservación de la identidad de los progenitores hembra y macho, el ratio de siembra de hembra y macho en campo, la programación de la siembra en donde se garantice la sincronización de la floración masculina y femenina (decalaje de siembra), prevenir que los estigmas de la hembra se contaminen con polen de la misma hembra, o plantas desconocidas o de otras variedades y la correcta emasculación de las plantas hembra.

2.3.2. Polinización en tomatillo

La polinización natural se realiza en su mayoría por insectos, principalmente abejas y también puede ser anemófila. Una vez que la flor ha sido polinizada se cierra y no vuelve a abrirse hasta caer (Pérez *et al.*, 1998). Las flores de tomatillo, al ser hermafroditas, pueden autopolinizarse, pero con bajo rendimiento, produciendo frutos partenocárpicos en su mayoría o con baja cantidad de semillas (Santiaguillo *et al.*, 2005).

La polinización manual se practica para el mejoramiento genético en ambientes controlados con el fin de lograr mayor producción de frutos y semillas, sobre todo porque garantiza la pureza de las cruces que se realizan (Peña *et al.*, 2018).

2.3.3. Autoincompatibilidad en (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hormen)

Es la incapacidad de una planta hermafrodita para producir cigotos después de la autopolinización (Williams, 1965). El tomatillo presenta autoincompatibilidad producida por un par de series alélicas. Por esta razón, el polen es incompatible cuando uno o más alelos se encuentran en el grano de polen como también en el estilo de la flor. Durante la polinización y fecundación, el polen no suele llegar a germinar, pero si es así, no puede penetrar a través del estigma, convirtiéndola en una planta alógama obligada (Pandey, 1957). Raras veces el polen llega a fecundar el óvulo (Pérez *et al.*, 1997). Santiaguillo *et al* (2005), mencionan que la autoincompatibilidad en tomatillo no es completa y posiblemente sea menor en ciertas variedades donde existe la posibilidad de autofecundación produciéndose frutos con semillas.

2.3.4. Clases y categorías de semilla

En nuestro país, se han establecido clases y categorías de semilla según la Ley de Semillas modificada en el 2008 (El Peruano, 2008), son las siguientes:

a. Semilla genética

Es la semilla originada por un proceso de mejora genética, directamente controlada por el fitotecnista o criador, y en casos por un patrocinador, y que suministra la fuente para la semilla de la clase certificada – categoría básica o de fundación.

b. Semilla certificada

Es la semilla obtenida de la semilla genética o semilla registrada, que ha pasado por el proceso de certificación, es decir, de verificación de su identidad, producción, acondicionamiento y calidad, de acuerdo con lo establecido por la Ley, con el fin de asegurar a los usuarios la pureza e identidad genética, calidad fisiológica, calidad sanitaria y calidad física de las semillas (Beingolea, 2015). Se divide en las categorías siguientes: semilla básica o de fundación, registrada, certificada y semilla autorizada. En el Valle de Ica, la semilla de tomatillo que se importa a Perú para la multiplicación y producción de híbridos es tipo básica o de fundación.

2.3.5. Calidad de las semillas híbridas

Una semilla de calidad debe ser de la misma especie y cultivar deseado, debe ser pura y libre de material inerte; no puede presentar dormancia o si lo presente, debe poder revertirse naturalmente; la germinación debe ser alta, al igual que su estado sanitario; de fácil conservación, de bajo contenido de humedad; y, además, debe ser capaz de adaptarse de fácilmente a las condiciones edáficas y climáticas de la zona en destino (Peretti, 1994).

Gaviola (2020) documenta que cuando la semilla llega a su madurez, el embrión detiene su crecimiento, las sustancias de reserva llegan a su máxima cantidad y las estructuras de protección están totalmente desarrolladas. Estas van adquiriendo distintas capacidades en tiempos diferentes, desde el cuaje a la maduración. La primera es la capacidad de germinar, luego la resistencia al secado, posteriormente el vigor, y finalmente la capacidad de almacenamiento (Figura 3).

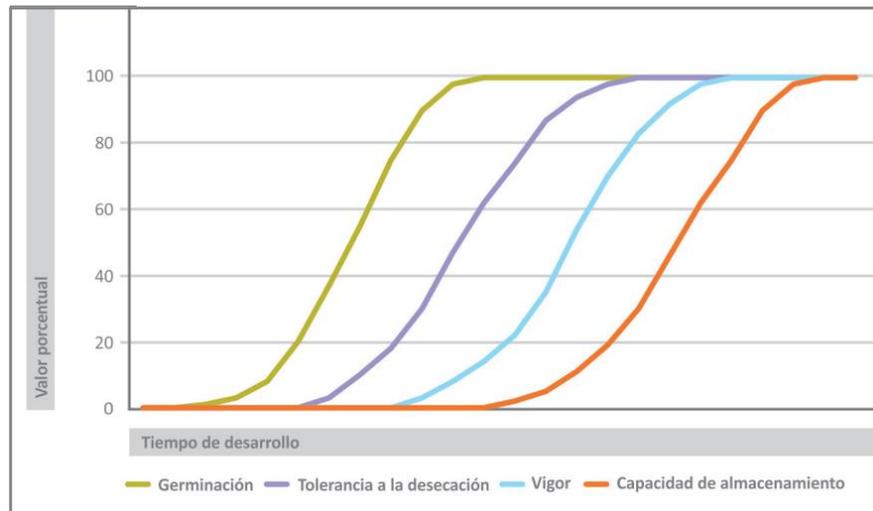


Figura 3: Capacidades fisiológicas que adquieren las semillas durante su desarrollo

FUENTE: Gaviola (2020).

A continuación, se describen los términos relacionados a la calidad de las semillas:

a. Pureza genética

Es la confiabilidad al lote de semillas para la variedad de interés y tiene un efecto directo sobre el rendimiento final (Makumba, 2018). Según Ramírez (2021), se realizan pruebas genéticas que determinan el parentesco del híbrido producido respecto a sus parentales hembra y macho, expresado en porcentaje (%):

- Semilla híbrida: porcentaje (%) de semilla híbrida que contiene las bandas genéticas del parental macho y hembra.
- Semilla hembra, “inbred” o “self”: contiene solo una banda (parental hembra) y viene de una autopolinización donde se evidencia falta de control en el cruzamiento dirigido.
- Fuera de tipo u “off type”: Contiene bandas de patrones distintos al parental macho o hembra seleccionados para el híbrido a producir, expresando una falta de control en el cruzamiento.

Se requieren minuciosos controles de las personas que trabajan durante el proceso operativo, ya que los descuidos generan autofecundaciones y por ende semillas no híbridas. Las empresas semilleras, normalmente no aceptan más de un 3 % de autofecundaciones (Gaviola, 2020).

b. Pureza física

Es la limpieza de las semillas en términos de su composición física. Cuando se analiza la pureza física, se consideran los siguientes parámetros; materia inerte, malas hierbas, defectos de semillas y otras semillas de cultivos (Makumba, 2018). Elias *et al* (2012) mencionan que para determinar la composición física de un lote de semillas se realiza una separación detallada de una muestra representativa en cuatro componentes que pueden expresarse en porcentajes (%) según su peso:

- Semilla pura: Es la porción de la muestra de trabajo representada por la especie de cultivo para la cual se está analizando el lote.
- Semilla de otros cultivos: Se refiere a semillas de cultivos presentes en concentraciones de menos del 5% del peso total de la muestra.
- Semilla de malezas: Denota el porcentaje de semillas presentes de plantas consideradas como malezas.
- Materia inerte: Porción de la muestra que no es semilla, sino se compone de materiales tales como paja, tallos, piedras y partículas de tierra, pedazos de cultivos o semillas de malas hierbas que no califican como unidades de semillas puras. que puede determinarse en porcentaje según el peso de cada uno.

c. Germinación

Se define como la aparición y desarrollo de la plántula hasta un período donde la apariencia de sus estructuras esenciales expresa si es o no capaz de desarrollarse más para obtener una planta óptima en condiciones favorables en el campo (ISTA, 2016). Los productores necesitan sembrar semillas que van a germinar y producir buenas plántulas, por esto, deben revisar el porcentaje de germinación de las etiquetas antes de comprarlas (Elias *et al.*, 2012).

Para analizar la germinación del lote es necesario realizar pruebas con muestras representativas, considerando la utilización de cámaras de germinación con parámetros controlados o de bandejas, papel plisado o toalla, sustratos o medios de crecimiento en condiciones favorables de temperatura, humedad y luz según la especie (ISTA, 2021).

d. Plántulas utilizables

El verdadero valor de un plantín de calidad radica en su potencial para producir una planta de alto rendimiento al final de la temporada de crecimiento (Pearce *et al.*, 2014). Posterior a las pruebas de germinación de la semilla, se analiza la calidad de las plántulas a obtener respecto a sus partes visibles tales como cotiledones, primeras hojas y la uniformidad de la emergencia en bandejas con sustratos, de esta manera se determina el porcentaje de plantas utilizables del lote de semilla. Un retraso en la emergencia de la plántula más allá de 2 días puede resultar en una significativa reducción en la usabilidad del trasplante, lo que ilustra la importancia crítica de la germinación uniforme y emergencia de plántulas para maximizar la eficiencia del trasplante de producción (Smith *et al.*, 2001). La emergencia y el crecimiento uniforme de las plántulas son necesarias para producir un alto porcentaje de plantas utilizables (Fisher & Vann, 2019).

e. Contenido de humedad y almacenamiento

El contenido de humedad de una muestra de semilla es la pérdida de peso cuando se seca, o la cantidad de agua recogida cuando aumenta su temperatura. El nivel de humedad determina la capacidad de almacenamiento, siendo el secado fundamental para mantener la viabilidad (Makumba, 2018).

Según Elías *et al* (2012), el contenido de humedad está relacionado con los aspectos de las semillas y su función, incluida su madurez, el momento de la cosecha, susceptibilidad a daños mecánicos durante la trilla, longevidad en almacén, daños por calor, las heladas, plagas y los patógenos. Por lo tanto, es quizás el factor más importante que determina cuándo se cosecha la semilla, cómo se maneja después de la cosecha y cuánto tiempo mantiene su calidad.

Un alto contenido de humedad en el momento de la cosecha aumentará el daño de las semillas durante la trilla, mientras que durante el almacenamiento la viabilidad tiende a disminuir rápidamente cuando la humedad es alta ya que promueve el crecimiento de moho, el daño por calentamiento, envejecimiento y daño por insectos (Makumba, 2018).

Los principales factores que afectan el contenido de humedad de las semillas incluyen a la humedad relativa, la temperatura del aire y su composición química (AOSA, citado por Elias *et al.*, 2012). Los estudios de longevidad de semillas han enfatizado la importancia de un almacenamiento con condiciones favorables de baja temperatura, baja humedad y bajo nivel de oxígeno (Makumba, 2018).

f. Sanidad en las semillas

Se refiere principalmente a la presencia o ausencia de organismos que causan enfermedades, como hongos, bacterias y virus, y plagas, incluidos nematodos e insectos, pero pueden estar involucradas condiciones fisiológicas como la deficiencia de oligoelementos (ISTA, 2022).

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. CALENDARIO DE SIEMBRA

Para la producción de semillas del cultivo de tomatillo y la planificación de las labores relacionadas que conlleva para su desarrollo, se han establecido dos ventanas de siembras (Tabla 2) donde se obtienen los mejores potenciales de producción (80 kg de semilla/ha) de acuerdo con las condiciones climáticas del Valle de Ica (Figura 4).

Tabla 2: Calendario de siembra para el Valle de Ica

Cultivo	Primera fecha de siembra	Última fecha de Siembra
Primera ventana	1-Ene	28-Feb
Segunda ventana	1-Ago	30-Sep

FUENTE: Elaboración propia.

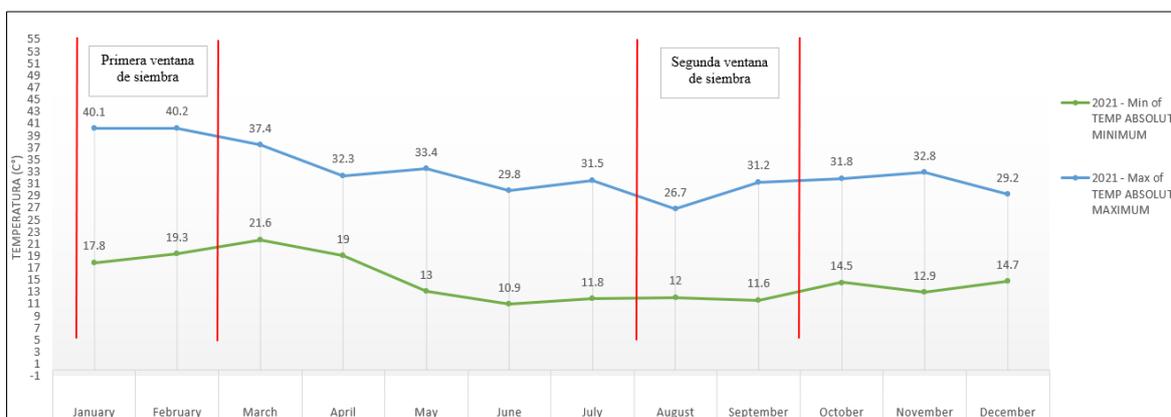


Figura 4: Ventanas de siembra de acuerdo con el promedio de temperatura del año 2021

Data de clima recopilada en: Climate data - EasyLogCloud System – Santa Rosa Farm – La Tinguña-Ica.

FUENTE: Elaboración propia

3.2. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

3.2.1. Temperatura

La temperatura óptima que requiere el cultivo de tomatillo fluctúa entre 20 a 22 °C. El nivel adecuado para la germinación es de 20 a 24 °C; para el crecimiento vegetativo 22 a 25°C y en floración de 30 a 32 °C. Con temperaturas arriba de 35°C, durante la floración, se puede provocar deshidratación del tubo polínico, provocando una polinización incompleta y frutos malformados (Saray & Loya, 1977). A continuación, se muestran los parámetros climatológicos que se han determinado para la producción de semilla de tomatillo en el Valle de Ica - Perú (Tabla 3).

Tabla 3: Requerimientos mínimos y máximos de temperatura para la producción de semillas tomatillo en el Valle de Ica

Etapa	Mínima	Óptima	Máxima
Vegetativo	17°C	23°C	33°C
Generativo	15°C	26°C	33°C
Maduración y Cosecha	13°C	25°C	30°C

FUENTE: Elaboración propia. Data recopilada en: Climate data - EasyLogCloud System La Tinguiña-Ica.

3.2.2. Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el buen desarrollo del cultivo de tomatillo puede variar entre 70 a 80%. Valores por encima de 80% conllevan a crear un microclima propicio para la incidencia de enfermedades fungosas (INTAGRI, 2022). Para producciones en invernadero se obtienen los mejores rendimientos y números de frutos a humedades relativas entre 60 a 68% (Ramos-López *et al.*, 2018).

3.2.3. Luz

En general, el cultivo es moderadamente exigente en cuanto a intensidad luminosa; se estima que tiene un desarrollo óptimo con 2,500 bujías/pie. El periodo de mayor exigencia lumínica comprende desde la emergencia hasta el inicio de la maduración comercial del fruto. Con valores mayores la planta responde acortando su ciclo, con envejecimiento prematuro, reducción el tamaño del fruto, sabor insípido del fruto (Aguilar & Aguilar, 2000).

3.3. REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Existe una variedad de suelos que pueden ser usados en la producción de tomatillo. Los suelos arenosos son los más recomendados para las plantaciones tempranas, ya que se calientan más rápidamente en primavera. Los suelos más pesados pueden ser bastante productivos en la medida que sean bien drenados y que los riegos se ejecuten de manera cuidadosa (Smith y Jiménez, 1999). No se recomienda cultivar tomatillo en suelos delgados (leptosoles), debido a que se puede afectar el crecimiento radicular, ocasionando muchos problemas en el desarrollo del cultivo (Saray y Loya, 1977). Bajo nuestra experiencia desde el año 2020, producimos tomatillo en sistema hidropónico, utilizando sustrato inerte a base de turba peat moss libre de patógenos. Además, debe ser desinfectado al formar la mezcla con arena. A través del sustrato y mediante el fertirriego, se proveerá agua y nutrientes para la producción de semilla.

3.4. ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO DE TOMATILLO PARA PRODUCCIÓN DE SEMILLAS HÍBRIDAS

El desarrollo del cultivo para la producción de semillas híbridas inicia desde la siembra de la línea masculina hasta la cosecha de la semilla obtenida posterior a los cruzamientos (Figura 5).

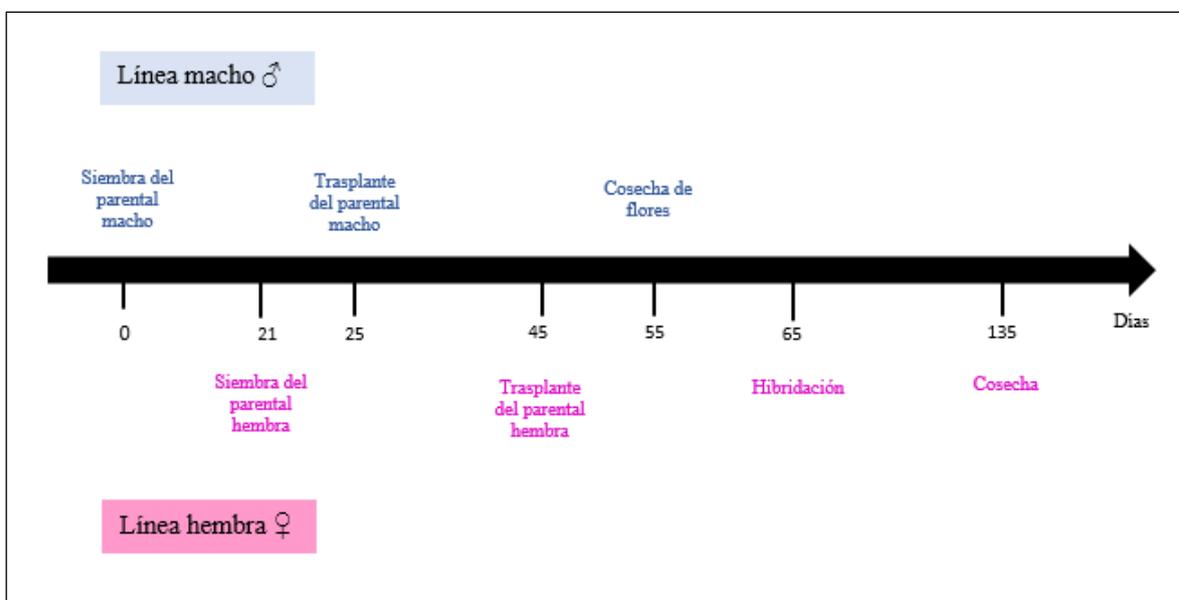


Figura 5: Etapas del desarrollo del cultivo de tomatillo (líneas hembra y macho) para producción de semillas

FUENTE: Elaboración propia

Adicionalmente, existen pasos importantes que se describirán a continuación, que abarcan desde la importación de la semilla básica, hasta la exportación (Figura 6).



Figura 6: Flujo del proceso de producción de semillas

FUENTE: Elaboración propia

3.5. IMPORTACIÓN DE LA SEMILLA BÁSICA

El procedimiento se describe de la siguiente manera:

- El proveedor externo de las semillas envía al área de import/export los documentos para realizar los trámites con aduanas, en este caso, se adjuntan por correo las facturas comerciales y el packing list que contiene información sobre: la especie, nombre científico, código de lote de producción, peso, cantidad de envases, tipos de envase (en el caso de tomatillo se usan sachets) y el país de origen y procedencia.
- Al obtener esta documentación se solicita por la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE) el permiso de importación para el ingreso de las semillas al país. Luego, se solicita al proveedor el certificado fitosanitario y de origen de la semilla. Finalmente, al revisar estos documentos se aprueba el envío de la semilla a Perú.
- Cuando el paquete llega al puerto del Callao, el agente de aduanas recepciona toda la información sobre el material para continuar con el proceso. En esta parte el paquete es enumerado y se le emite un expediente (DAM).
- Con la numeración de Aduana (DAM) el área de import/export adjunta la documentación por la VUCE para que SENASA verifique el etiquetado de la caja y ellos al dar el visto bueno mediante un acta, notifican a la Aduana para que inicie la liberación de la mercancía y esperar su llegada al fundo de producción.
- Cuando la semilla arriba en el fundo pasa por una revisión documentaria y se verifica la información del packing list y los sachet de semilla recibidos. Se le debe notificar al proveedor extranjero la conformidad de la importación y el equipo de producción de la empresa inicia el proceso de planificación de acuerdo con el plan de producción de la campaña.

3.6. SIEMBRA

De acuerdo con el calendario de siembra de tomatillo elaborado para el Valle de Ica y a las condiciones climáticas del cultivo, la siembra se lleva a cabo en dos ciclos. El primero abarca los meses de enero a febrero y el segundo de agosto a septiembre.

Este proceso se lleva a cabo en el almácigo, donde al iniciar, se le designa una etiqueta o rotulo de identificación a los parentales o líneas que se van a sembrar, la que mantendrá durante todos los procesos de producción, hasta que la semilla híbrida que se produce al finalizar la cosecha sea exportada. Es necesario realizar seguimiento a la trazabilidad de cada

lote de semilla, por ello se debe identificar su origen, especie, peso, fecha de recepción y cosecha, para evitar mezclas de lotes diferentes, aunque sean del mismo cultivar (Gaviola, 2020).

3.6.1. Ratio hembra y macho

Para garantizar la disponibilidad de flores del parental masculino y polen durante la polinización, se sigue un ratio de 5:1, es decir, se siembra una planta de la línea macho de tomatillo por cada 5 plantas de la línea hembra. No obstante, el ratio del parental macho puede variar de 5:1 a 7:1. Se siembra el parental macho y hembra con una diferencia o decalaje de 21 días, para asegurar la floración de las plantas macho y el abastecimiento de polen durante la etapa de hibridación.

3.6.2. Pre-germinación

En la empresa, para todos los cultivos de solanáceas para producción de semillas híbridas, se realiza una pregerminación que consiste en brindarle a las semillas condiciones favorables de humedad, temperatura y luz para obtener plántulas uniformes.

Este proceso se lleva a cabo dentro del área de almácigo, exactamente en un cuarto oscuro de germinación y se emplea los siguiente:

- Sachet de semilla de los parentales o líneas hembra o machos
- Programa de siembra y tarjetas de identificación de los parentales
- Desinfectante
- Recipientes
- Coladores
- Papel toalla
- Agua
- Guantes quirúrgicos
- Amonio cuaternario al 1%

Se utilizan guantes quirúrgicos de inicio a fin de este proceso y se desinfectan los materiales y manos con amonio cuaternario al 1%. El primer paso es realizar el tratamiento de desinfección a las semillas para asegurar que estas queden libre de patógenos, el cual consiste

en la inmersión de 5g de semilla en una solución de una triple sal potásica inorgánica al 0.6% durante una hora, posteriormente se enjuaga la semilla durante una hora con agua (Figura 7) y se procede a colarla. Finalmente se ponen retazos de papel toalla sobre los recipientes para colocar la semilla y estas se envuelven con el papel toalla humedecido con el agua. Se cierran los recipientes correctamente identificados y son llevados al cuarto de germinación por 3 a 5 días.

Li *et al* (2015), recomiendan desinfectantes de triple sal inorgánica contra el virus del mosaico del pepino, virus del mosaico del tomate y el viroide del tubérculo ahusado de la papa, los cuales son patógenos transmisibles por semilla.



Figura 7: Semillas de tomatillo durante el enjuague con agua posterior al tratamiento de desinfección con la sal triple inorgánica

3.6.3. Almacigo

Posterior a los 3 a 5 días del pregerminado, es el momento de realizar el traspase a bandejas de las semillas que emitieron radícula. Serán sembradas en cada celda de las bandejas plásticas para completar su etapa en los túneles del almacigo durante 20 a 25 días antes del trasplante en campo definitivo (Figura 8). Se emplean los siguientes materiales:

- Semillas de línea hembra o macho pregerminadas
- Etiquetas de identificación
- Sustrato tipo Turba

- Bandejas plásticas de 135 celdas
- Pinzas
- Guantes quirúrgicos
- Amonio cuaternario al 1%

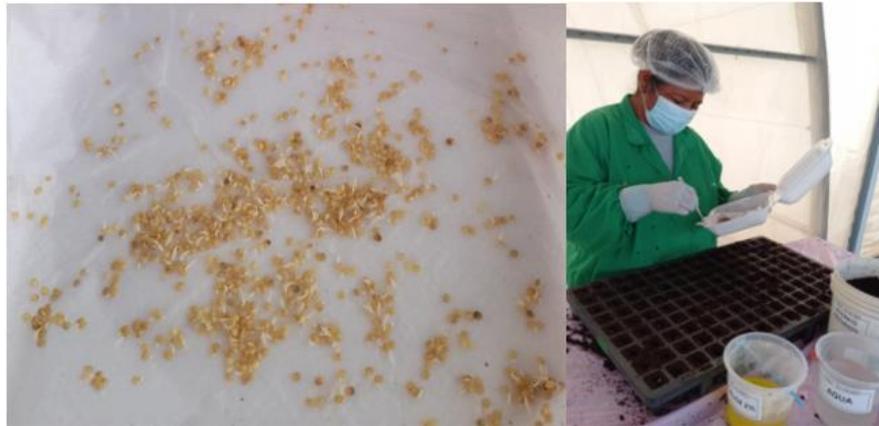


Figura 8: Semillas pregerminadas de tomatillo antes del traspaso a bandejas con sustrato

Las semillas pregerminadas se colocan en bandejas de polipropileno de 135 celdas de 3.5 cm x 3.5cm x 6cm con sustrato hidratado a base de turba y perlita. Se desinfectan las pinzas con amonio cuaternario al 1% para poder extraer las semillas del recipiente de poliestireno expandido. Por cada celda se siembra una semilla pregerminada a una profundidad aproximada de 4mm. Al finalizar, las bandejas deben ser llevadas al túnel de almacigo para continuar la emergencia y el desarrollo de los futuros plantines (Figura 9).

En invierno, se suele utilizar manta térmica o agrivelo para cubrir las bandejas para incrementar la temperatura y acelerar la germinación.



Figura 9: Emergencia de plántulas de tomatillo dentro de los túneles de almacigo

3.7. TRASPLANTE

Cuando las plántulas de tomatillo completan su periodo en almacigo (Figura 10), deben ser llevadas a casas de malla antiáfida, las cuales protegen al cultivo de las principales plagas durante su etapa de crecimiento vegetativo, hibridación y cosecha.

Verde & Álvarez (1994) señalan que el trasplante debe realizarse con posterioridad a la emisión de la cuarta hoja, es decir a los 25 días.

Bajo mi experiencia en la empresa, el trasplante se realiza a los 21 - 25 días después de la siembra cuando el plantín tiene entre 4 a 6 hojas verdaderas y cuando el cono de sustrato tiene un buen desarrollo radicular. El sustrato debe estar humedecido para que realice de manera correcta y evitar rompimiento de raíces que ocasionarían mortandad de plántulas o futuros recalces.



Figura 10: Bandejas de plántulas de tomatillo dentro del almacigo listas para el trasplante a casa malla

Por el contrario, si los plantines se produjeron de una manera inadecuada, esta situación podría ocasionar daños en el crecimiento y desarrollo de la futura planta, causando pérdidas en la producción (Nascimento & Pereira, 2016).

3.7.1. Sustrato

Según Abad & Noguera (2000), un sustrato es todo material sólido diferente del suelo, natural, de síntesis o residual, de materia mineral u orgánico, en forma pura o en mezclado, que, al ser puesto en un contenedor, proporciona el anclaje y desarrollo a las raíces, cumpliendo la función de soporte para la planta. Además, proporciona oxígeno, agua suficiente para el óptimo desarrollo de estas y nutrientes, requerimientos que puedan estar disponibles de manera individual o en combinación con otros sustratos (Cruz *et al.*, 2013).

Las características de los sustratos han ido cambiando para alcanzar mejores resultados en la producción de plantas en contenedores, ya que las plántulas con buen vigor se adaptan con rapidez al campo definitivo, sufren menos estrés y poseen un mejor desarrollo durante su ciclo productivo (Dufault, 1998).

Un buen sustrato debe reunir ciertas características como: tener una elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible, suficiente suministro de aire, baja densidad

aparente y elevada porosidad (80%), uniforme en el tamaño de sus partículas, de estructura estable, capacidad de intercambio catiónico variable (CIC), dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, capacidad tampón para mantener constante el pH y de baja salinidad (Andreau *et al.*, 2015).

Existen una variedad de tipos de sustrato que se clasifican como químicamente inertes y activos. El primer grupo lo conforman la arena granítica o silíceo, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc. El segundo grupo las turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos, etc. (Andreau *et al.*, 2015).

Para la producción de semillas de hortalizas en la empresa, se utiliza como sustrato una mezcla de 30% de turba y 70% de arena, previamente desinfectado antes de la colocación de la mezcla en los contenedores, el proceso es el siguiente:

a. Preparación del sustrato

Se prepara la mezcla de arena y turba. El primer paso es acarrear la arena y la turba en la zona de preparación para mezclarlos, utilizando una maquina tipo trompo mezclador (Figura 11). Todos los insumos pasan un proceso de desinfección con amonio cuaternario.



Figura 11: Incorporación de la turba y la arena en el trompo mezclador

Posterior a la mezcla, el sustrato se coloca en canaletas (Figura 12) que serán armadas dentro de las casas malla. Estos materiales facilitan la salida del drenaje, debido a la presencia de orificios a los lados.

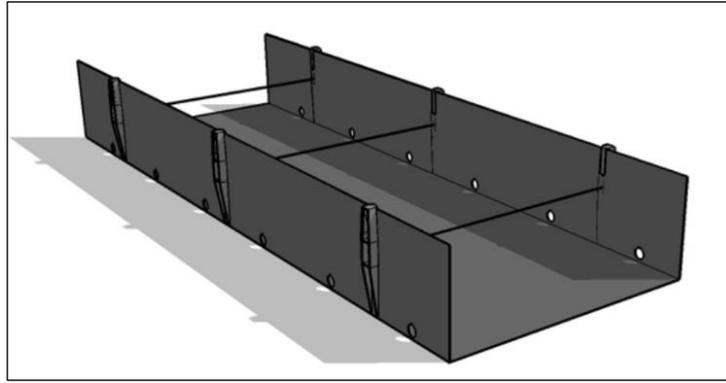


Figura 12: Croquis del sistema de canaletas de propileno

FUENTE: <http://www.mapalagro.com/Site/sp/pages/inPage.asp?catID=47&subID=106>

b. Colocación del sustrato en casa malla

Previamente, el terreno de la casa malla se prepara empleando la maquinaria agrícola, básicamente con un tractor. Asegurar este primer paso es crucial para el manejo del drenaje durante el establecimiento del cultivo, ya que se evita la desuniformidad del riego en el sustrato y posibles acumulaciones de agua en el terreno durante el establecimiento del cultivo.

Posteriormente se procede al tendido e instalación de las canaletas dentro de la casa malla, a una separación de 1.75m para todos los cultivos de solanáceas, debido a que esta distancia permite el contacto entre plantas, la aireación del cultivo, además del pase de equipos de aplicación, labores culturales, etc (Figura 13).



Figura 13: Tendido e instalación de canaletas en casa malla

Finalmente, la mezcla de sustrato se vierte por el personal operario mediante carretillas y se incorpora al interior de las canaletas de manera uniforme, para ser nivelado y dar pase al tendido de cintas y emplastado (Figura 14).



Figura 14: Incorporación del sustrato y vista final de la casa malla lista para trasplante

3.7.2. Disposición del trasplante en casa malla

Según el croquis de la distribución de las variedades a trasplantar en la casa malla, se realiza el marcado del campo. Este croquis va a contener el número de plantas requeridas y el distanciamiento entre planta, según la densidad empleada. La densidad considerada para tomatillo es de 2.5 plantas/m² en doble hilera, a tres bolillos, permitiendo un distanciamiento entre planta de 0.44 m (Figura 15). Para mantener la calidad y trazabilidad, se realiza la colocación de las etiquetas de identificación en las esquinas de las canaletas donde la variedad va trasplantada. Solo se podrá trasplantar de variedad en variedad, no al mismo tiempo. Un buen trasplante nos garantiza un menor riesgo de perder plantas. Durante todo este proceso se utilizan guantes quirúrgicos y una solución de amonio cuaternario al 1% para desinfección frecuente de manos y herramientas.



Figura 15: Disposición del trasplante de tomatillo en casa malla

La producción de plántulas para su posterior trasplante tiene muchas ventajas sobre la siembra directa tales como: ahorro de semillas y desarrollo uniforme (Laurente, 2021).

3.8. MANEJO AGRONÓMICO EN LA ETAPA VEGETATIVA

3.8.1. Sistema de conducción de plantas

Pasados 7 días después del trasplante (DDT) se realiza el rafiado o tutorado de plantas de tomatillo. Se colocan los soportes para las plantas, que pueden ser de materiales como cuerda, yute, en este caso, se usa rafia. Se utiliza una estaca para colocar la rafia a cada extremo de la planta a unos 10 cm del nivel del sustrato para que pueda sujetarla y conducirla según su etapa de desarrollo (Figura 16). Estos tutores cumplen el objetivo de soportar el peso de la planta y los futuros frutos, por tal motivo, deben permanecer colocados hasta el final del cultivo (cosecha). Para este procedimiento, se utilizan guantes quirúrgicos por variedad, es decir, al terminar de rafiado una variedad y al comenzar otra, el personal se debe cambiar de guantes. La desinfección con amonio cuaternario al 1% es frecuente.



Figura 16: Campos de tomatillo a los 10 DDT y 15 DDT con soportes colocados para tutorado

3.9. MANEJO AGRONÓMICO EN LA ETAPA DE HIBRIDACIÓN

Una semana antes de iniciar la hibridación, se realizan las labores que conducen el estado generativo del cultivo de tomatillo. La poda de limpieza tiene el objetivo de darle forma y estructura a la planta antes de iniciar el proceso de hibridación. Se eliminan brotes y tallos débiles que puedan haber surgido después del enrafeado. La planta de tomatillo suele ser muy vigorosa si se trabajan menos de 4 tallos. Por tal motivo, se consideró trabajar a un sistema de 6 tallos, para manejar el vigor de la planta. Estos tallos o brazos son los que producirán botones florales y generarán los futuros frutos. Mediante un sistema de conducción tipo “copa” se permite una mejor iluminación, espacio y aireación a los brotes que producirán frutos y se facilitarán las labores durante la campaña (Figura 17).

La producción comercial de tomatillo se concentra entre el 4to y 7mo nudo, sin embargo, con un buen desarrollo de plantas podemos obtener frutos comerciales hasta el décimo entrenudo (Saray & Loya, 1977). En tomatillo, la hibridación inicia a partir del 3er - 4to nudo de acuerdo con su patrón de ramificación según la variedad (Figura 18). La flor del primer nudo se mantendrá como posterior fruto “regulador” con el objetivo de fomentar el desarrollo generativo de la planta, el cual es eliminado cuando los frutos de las flores polinizadas empiecen el cuajado. Se hibridan todas las flores que nazcan de las axilares o brotes nuevos, para incrementar el número de frutos por planta y el rendimiento base de cada planta requerido por la variedad.



Figura 17: Sistema de conducción en tomatillo

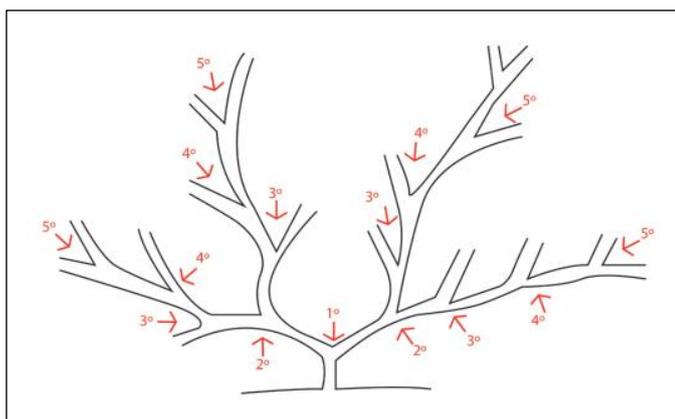


Figura 18: Patrón de ramificación típico de una planta de tomatillo, mostrando del primer al quinto nudo

FUENTE: Peña-Lomelí *et al.* (2011)

3.9.1. Hibridación

El proceso de hibridación implica la emasculación de las flores individuales del parental hembra antes de la dehiscencia del estambre, seguido de la adición manual de polen (polinización) del parental designado como macho al parental hembra (George, 2005). Es necesario llevar bajo condiciones óptimas al polen del parental macho al llegar al estigma receptivo de la hembra para asegurar una buena hibridación (Figura 19) y obtener un buen número de semillas (Tabla 4).

Tabla 4: Requerimientos de temperatura y humedad relativa para la hibridación de tomatillo en el Valle de Ica

Parámetro	Mínima	Óptima	Máxima
Temperatura	19°C	26°C	30°C
Humedad relativa	45%	65-75%	80%

FUENTE: Elaboración propia. Data recopilada en: Climate data - EasyLogCloud System La Tinguña-Ica.

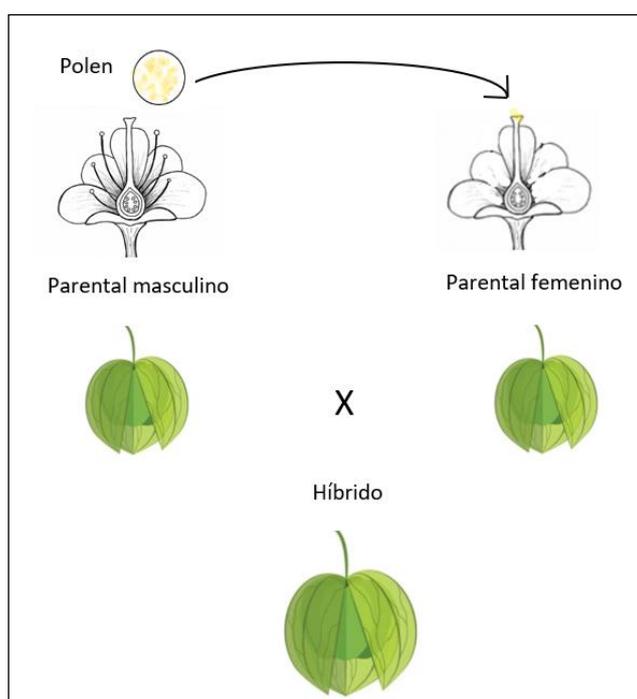


Figura 19: Cruzamiento de los parentales masculino y femenino para la obtención de un híbrido

Respecto a nuestro manejo durante la hibridación, a humedades relativas inferiores a 40% y temperaturas mayores a 35 °C, el estigma no está receptivo y la viabilidad del polen es pobre, lo cual limita severamente la germinación del polen y genera la disminución del número de semillas por fruto. Las mejores condiciones para una correcta hibridación en el Valle de Ica son a temperaturas de 21 a 25 °C y 60-80% de humedad relativa.

a. Cosecha de flores

La cosecha de flores de tomatillo inicia a los 20 DDT y consiste en recolectar las flores del parental establecido como macho, para abastecer de polen al parental hembra

durante la hibridación. La floración del tomatillo es abundante y veloz, por este motivo, esta labor se realiza a primeras horas para evitar la exposición a las altas temperaturas y perder flores por sobremadurez. Las flores se colocan en contenedores de poliestireno expandido debidamente identificadas (Figura 20). El polen puede verse afectado por la temperatura durante el desarrollo en la antera (Bots y Mariani, 2005).



Figura 20: Colección de flores del parental macho de tomatillo en bandejas de poliestireno debidamente rotuladas para mantener la trazabilidad

Fue necesario definir un índice de cosecha de flores para identificar la “flor a punto” y asegurar la viabilidad óptima del polen y de esta manera capacitar al personal. Para el Valle de Ica, se ha determinado cosechar las flores que presentan el botón semiabierto y abierto, de estambres sin iniciar la emisión de polen y con pétalos de color amarillo (Figura 21).

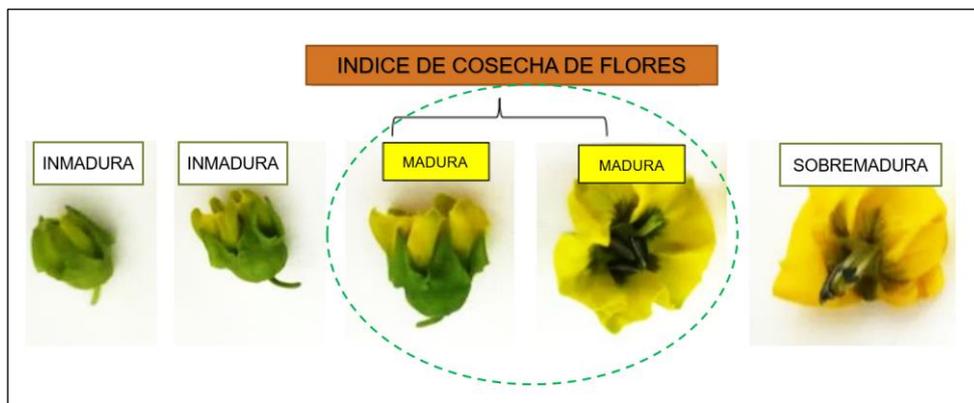


Figura 21: Índice de cosecha de flores del parental macho para la obtención de polen

FUENTE: Elaboración propia

Bajo nuestras condiciones, aseguramos mantener una viabilidad del polen de tomatillo mayor a 65%, lo cual es aceptable para obtener un buen número de semillas por fruto y se consigue capacitando al personal antes y durante la cosecha de las flores del parental macho. Posterior a la cosecha de flores, se realiza el “pelado”, donde se remueven las anteras de las flores y se colocan sobre una hoja dentro de una bandeja rotulada con la información de la variedad (Figura 22).



Figura 22: Extracción de anteras de las flores colectadas del parental macho debidamente rotuladas

Luego inicia el proceso de “secado”, donde las bandejas plásticas son colocadas en casilleros identificados con la información de la variedad y se someten a luz artificial con focos de 50 watts durante 16 a 22 horas (Figura 23) para garantizar la liberación de polen de las anteras.



Figura 23: Secado de las anteras de tomatillo con exposición a luz artificial

Al completar el proceso de secado, se extrae el polen con tamizadores a base de tubos de PVC mediante agitación y se utilizan pinceles para manipular el polen (Figura 24).



Figura 24: Extracción de polen en contenedor de plástico

La viabilidad del polen está influenciada por la humedad relativa y la temperatura (Stanley y Linskens, 1974). Se estableció colocar el polen procesado en frascos de vidrio para mantener la temperatura y viabilidad del polen, ya que anteriormente se almacenaban en pequeños contenedores de plástico. Los frascos con polen se conservan en refrigeradoras a 4-5°C, durante aproximadamente una semana. Cuando inicia la hibridación el polen es enviado a campo en tubos de vidrio de 4ml de capacidad, que presentan agujero en el fondo, por medio del cual se realiza la polinización acercando el estigma receptivo del parental hembra. Estos tubos son llevados a las casas malla en cajas de Tecnopor y se propuso envolverlas de una lámina aluminizada para mantener la temperatura durante el día (Figura 25), adicionalmente dentro de la caja se colocaron 2 refrigerantes y se realizaron 3 entregas de polen al día para mantener la viabilidad de acuerdo a los ensayos realizados en campo.



Figura 25: Cajas de Tecnopor forradas con lámina aluminizada para mantener la temperatura en la casa malla

Durante el procedimiento de manejo de machos que comprende la cosecha de flores y extracción del polen se utilizan guantes quirúrgicos y de alcohol isopropílico al 70%.

b. Emasculación manual

El proceso de emasculación consta en extraer los estambres de las flores de las plantas de las líneas consideradas como hembras (Gaviola, 2020), utilizando pinzas de acero inoxidable para garantizar la correcta hibridación, no dejando pedazos de estambre en las flores (Figura 26). Para realizar esta labor se usan guantes quirúrgicos y alcohol al 70%, donde la desinfección debe ser frecuente. Es necesario el conocimiento previo y preciso para identificar el estado ideal de los botones florales a emascular, sin el cual su eficiencia en flores polinizadas y semilla producida es baja (Santiaguillo *et al.*, 2005). La flor que esta “a punto” para ser emasculada debe tener los pétalos de color verde-amarillo semi cerrados, y los estambres no deben haber iniciado la dehiscencia (Figura 27).

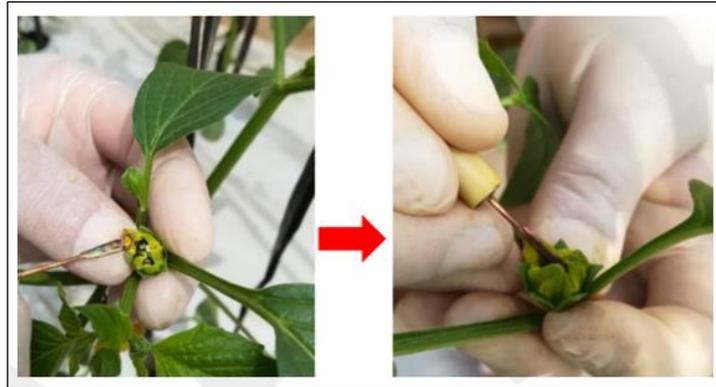


Figura 26: Procedimiento de Emasculación de flores de tomatillo. Botón floral óptimo para iniciar el retiro de estambres



Figura 27: Flor de tomatillo un día después de haber sido emasculada

Este procedimiento se realiza durante la mañana y antes de empezar se deben eliminar las flores sobremaduras o “pasadas” que presentan pétalos abiertos y estambres emitiendo polen. Por ello, fue determinante aumentar el personal hibridador para asegurar la correcta limpieza de flores pasadas y aprovechamiento de las flores aptas para emascular. Adicionalmente, fue necesario realizar constantes capacitaciones al personal para asegurar el cumplimiento de los kilos y calidad genética. Se propuso capacitar al personal antiguo y nuevo al iniciar la campaña, junto con el área de calidad, mediante presentaciones en multimedia y prácticas vivenciales en las casas malla.

c. Polinización manual

La polinización es el proceso de transferencia de polen obtenido de los estambres hasta el estigma de la flor que hace posible la fecundación, dando como resultado la producción de semillas (INTAGRI, 2018). Las flores emasculadas “a punto” para iniciar la polinización presentarán los pétalos abiertos, además deben estar en un estado óptimo de receptividad, donde el estigma de la flor presenta un exudado que a simple vista se ve como un brillo.

Es necesario estudiar el tiempo óptimo de cada variedad para iniciar la polinización y lograr maximizar la cantidad de frutos y de semillas cosechadas. Se han obtenido los mejores resultados al polinizar las flores a los dos y tres días (Peña *et al.*, 2018). Bajo condiciones del Valle de Ica y en nuestra experiencia, el tiempo promedio entre la emasculación y polinización es de 24 horas, donde es visible el pétalo amarillo abierto y el estigma brillante.

Las flores que fueron polinizadas completan el proceso con la marca respectiva que, para el caso de tomatillo, es la pintura roja o azul en el pedúnculo y sépalo (Figura 28) para posteriormente identificar los frutos que fueron hibridados antes de iniciar la cosecha. Para lograr altos niveles de pureza es conveniente marcar diariamente las flores fecundadas y retirar las que no se fecundaron manualmente (Gaviola, 2020). Este proceso se realiza usando guantes quirúrgicos y desinfección de manos con amonio cuaternario al 1% y al 2% para pinzas.



Figura 28: Polinización manual y marcado de flores

3.10. ROGUING

Consiste en la eliminación de plantas fuera de tipo y plantas de otros cultivares en el campo de producción de semillas (Laverack & Turner, 1995). Este procedimiento se lleva a cabo en campo, donde el personal capacitado observa e identifica plantas que son morfológicamente diferentes al parental de la variedad, conocidas como “fuera de tipo”, con el objetivo de mantener uniformidad de plantas en la variedad y garantizar la pureza genética de las semillas (Figura 29).



Figura 29: Roguing del parental hembra en tomatillo durante crecimiento vegetativo

Según George (2005), las etapas donde se debe llevar a cabo la eliminación de plantas fuera de tipo son:

1. Antes de la floración: observar los caracteres deseables como Hábito de crecimiento y morfología de la hoja típicos del cultivar, observar si el patrón es específico.
2. Floración temprana y cuajado de los primeros frutos (antes del crecimiento exponencial del fruto): tener en cuenta la morfología general de la planta y caracteres definidos para la primera etapa. Se debe verificar que los caracteres del fruto inmaduro estén de acuerdo con la descripción del cultivar.
3. Presencia del primer fruto maduro: morfología del fruto, color al madurar y tamaño relativo.

Antes de hacer el *roguing*, es necesario obtener la información acerca de la descripción de los parentales u hojas técnicas que incluyan características morfológicas como: forma de

fruto, tipo de hoja, color de fruto, color de pulpa, etc. Asimismo, es importante elaborar un reporte a los mejoradores y proveedores de semilla si el número de plantas “off type” es mayor al 1%. Solo con la validación de ellos, podremos eliminar estas plantas “fuera de tipo”.

Las causas de la aparición de plantas fuera de tipo pueden ser variadas, comúnmente son la contaminación de semillas durante el procesamiento, los cruzamientos no deseables en el campo, recombinaciones dentro del cultivar, segregaciones y mutaciones (Gaviola, 2020).

3.11. MANTENIMIENTO DEL CULTIVO

3.11.1. Poda de cierre

Se le conoce también como el “guardado de planta” y se realiza una semana después de finalizar la hibridación, asegurando la meta inicial de flores a polinizar para cumplir con el pedido de kg. inicialmente. Se eliminan los puntos de crecimiento como los axilares y terminales, dejando 3 hojas encima del último fruto polinizado, asegurando la concentración de nutrientes en los frutos trabajados (Figura 30).



Figura 30: Planta de tomatillo presentando solo frutos marcados por hibridación

3.11.2. Remoción de frutos autopolinizados

A los 50-60 días después de hibridación se realiza la remoción de frutos autopolinizados o también llamados “naturales”, “frutos self” o “fruto estándar”. Durante esta práctica se elimina toda la fruta que no presenta la marca de polinización que en nuestras condiciones es el color azul de la pintura Apu. Es importante garantizar un buen control durante esta labor para asegurar la pureza de nuestra semilla.

Durante los procesos de mantenimiento de cultivo es crucial la colocación de guantes quirúrgicos y la desinfección de manos con una solución de amonio cuaternario al 1% y de materiales y herramientas al 2%.

3.12. COSECHA

La cosecha del cultivo de tomatillo se debe realizar cuando las semillas hayan alcanzado la madurez fisiológica. Según Pérez *et al* (2012), la semilla de tomatillo se puede considerar fisiológicamente madura a los 55 días después de la polinización. En los cultivos de solanáceas, la cosecha anticipada y tardía afecta negativamente la calidad de las semillas (Gaviola, 2020).

Bajo nuestras condiciones, la cosecha inicia entre los 55-65 días después de hibridación (DDH) y es necesario evaluar el color de madurez de la fruta que depende de las variedades, pueden ser de color morado, verde amarillo y amarillo pálido. Además, se revisa la coloración de la semilla que tiende a cambiar de blanco a dorado (Figura 31).



Figura 31: Evaluación de frutos y semillas de tomatillo antes de la cosecha

Una semana antes de iniciar la cosecha se toman muestras de frutos de dos coloraciones (A y B) para determinar el índice de cosecha mediante pruebas de germinación rápidas en papel toalla humedecido para asegurar el poder germinativo y vigor de la semilla (Figura 32).

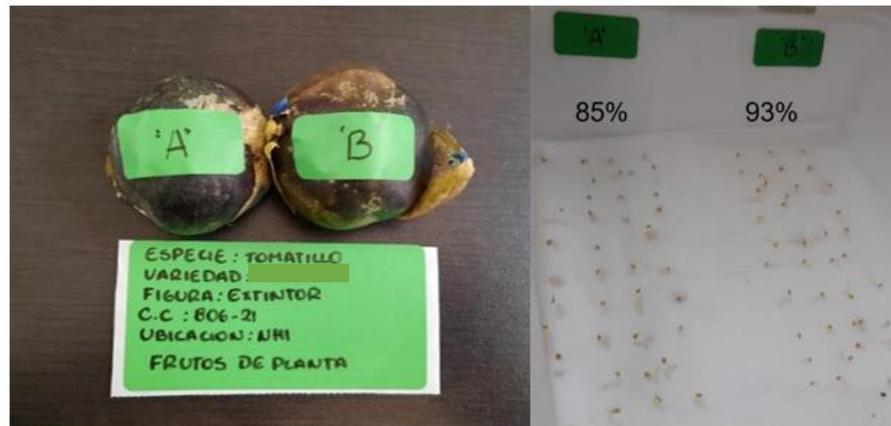


Figura 32: Prueba de germinación precosecha en una variedad de tomatillo de color púrpura para determinar el índice de cosecha

Durante la cosecha se utilizan baldes y contenedores como jabas (Figura 33), donde se colocan los frutos que contengan la marca de hibridación (coloración azul o roja con pintura). Algunas consideraciones generales para la cosecha incluyen:

- Solo se debe cosechar una variedad a la vez, para evitar mezclas que comprometan la calidad genética de la semilla.
- Todo el proceso se realiza utilizando guantes quirúrgicos y desinfectante de amonio cuaternario al 1%.
- Los materiales deben estar debidamente rotulados y deben ser desinfectados con amonio cuaternario al 2%.



Figura 33: Cosecha de frutos de variedades de tomatillo

En cultivos de solanáceas se ha demostrado que, si los frutos tienen una cosecha temprana y la calidad de la semilla no es buena (germinación debajo del 80%), se puede mejorar dejando los frutos enteros en depósitos alrededor de 10-20 días de posmaduración o poscosecha. (Gaviola, 2020). Bajo nuestras condiciones, los frutos de tomatillo inmaduros tienden a desprenderse de la planta desde el día 50 DDH y en ocasiones sin que la semilla ha completado la madurez fisiológica. Por esta razón, realizamos cosechas de frutos caídos y los sometemos a poscosecha, encima de mesas de malla antiáfida con sombra de malla raschel, durante un periodo de 5 a 7 días (Figura 34). De esta manera, mediante pruebas de germinación mayores al 90% aseguramos la calidad de la semilla y enviamos a trillar la fruta, previamente seleccionada.



Figura 34: Poscosecha de frutos de tomatillo

3.13. TRILLA

La trilla tiene como objetivo retirar las semillas del fruto. Esta actividad puede ser manual o mecánica, dependiendo de la cantidad de frutos cosechados. Comercialmente la extracción se realiza mediante molienda y tamizado. En la primera etapa los frutos se rompen mecánica y posteriormente se los hace pasar a través de un cilindro, con paredes de malla de alambre, para separar las semillas, jugo y restos pequeños de pulpa (Gaviola, 2020).

- Trilla manual: los frutos son colocados dentro de una bolsa de malla y el personal procede a pisarlos para la destrucción de estos. Posteriormente se coloca en un recipiente la semilla con la pulpa para separarlas durante el lavado (Figura 35).
- Trilla a máquina: Los frutos son depositados en la tolva trituradora de la máquina trilladora (Figura 36), en donde con la ayuda de agua se separa la semilla de la pulpa del fruto. Para la extracción de semilla de frutos carnosos, como los del tomatillo, la molienda debe ser realizada por una máquina despulpadora, donde un tornillo sin fin o una estructura de aspas permiten el rompimiento de los frutos, lo que genera una mezcla que se envía a tinas con agua para decantar impurezas y seleccionar la semilla más pesada (Martínez *et al.*, 2004).



Figura 35: Trilla manual de semillas de tomatillo



Figura 36: Máquina trilladora. Utilizada para trillar tomatillo, pimiento y tomates

3.14. PROCESAMIENTO DE SEMILLAS

Durante este proceso se busca obtener la máxima cantidad de semilla pura con el más alto grado de uniformidad, vigor y germinación, a un costo razonable; para lograrlo, la semilla se debe extraer adecuadamente, bajar el contenido de humedad, eliminar impurezas, clasificarla y protegerla contra plagas y enfermedades (Doria, 2010).

3.14.1. Lavado

Se recibe la semilla con pulpa en una bolsa de malla antiáfida para iniciar el lavado, que puede realizarse en una canoa metálica o en recipientes de plástico, dependiendo del volumen a lavar. Se vierte el contenido de la bolsa en la canoa o recipientes y se procede a lavar con agua corriente hasta separar los restos de pulpa y semilla usando una coladera (Figura 37). Generalmente, las semillas más pesadas son las que se quedan en el fondo de la canoa y las semillas vanas de menor calidad flotan y deben ser retiradas. Durante los lavados, se observó que había pérdidas de semilla buena que salían por los orificios del colador debido al tamaño menor de la semilla de tomatillo a comparación a la del tomate o pimiento. Para solucionar esta problemática, se propuso colocar una malla antiáfida debajo del colador para evitar pérdidas. Al finalizar el lavado, la semilla se coloca en una nueva bolsa de malla rotulada con los datos de la variedad y pasa por un proceso de desinfección con una sal triple inorgánica al 0.6% por 45 minutos y seguidamente pasa por un tratamiento de agua caliente a 50°C. Cumplido el tiempo de tratamiento, se retiran las bolsas con semillas húmedas y se colocan en la máquina centrifugadora para estar lista para ingresar al área de secado.



Figura 37: Lavado de semillas de tomatillo

3.14.2. Secado de semillas

El secado de las semillas en zonas de clima seco se puede hacer al sol sobre soportes con tela metálica o plástica, cuidando que las semillas no se mojen a consecuencia de lluvias o tormentas ocasionales, por lo que se deben guardar durante la noche en un lugar techado (Gaviola, 2020). En el Valle de Ica, el secado de semillas de tomatillo se realiza posterior al lavado y consiste en colocar las semillas en bolsas de malla antiáfida y situarlas en mesas expuestas al aire libre (secado natural) y/o secadores de aire forzado caliente (secado artificial). Se debe monitorear frecuentemente la humedad de la semilla hasta llegar un porcentaje de 6 - 7%. De acuerdo con nuestra experiencia, la semilla se coloca cuando las temperaturas van desde los 25 °C a 35 °C, durante las 11am a 3:00pm aproximadamente (Figura 38).



Figura 38: Mesa de secado natural hecha de malla antiáfida con las bolsas de semilla

El secado artificial se realiza en los secadores de aire los cuales deberán estar alocados en un espacio con temperaturas entre 20-32 °C. Esta máquina comprende un sistema de ventilador que envía aire a las semillas que son colocadas en bolsas de malla de forma

uniforme en los paneles metálicos (Figura 39). Las bolsas de malla con semilla deben estar identificados con la información de cada variedad. Lo importante durante esta labor es controlar en forma permanente la temperatura de trabajo, ya que un exceso de calor daña la calidad fisiológica de las semillas (Gaviola, 2020).



Figura 39: Secadores de aire caliente

3.14.3. Limpieza de semillas

La limpieza y clasificación constituyen etapas cruciales en el procesamiento de las semillas y tienen por objetivo eliminar las impurezas, clasificar las semillas por tamaños y por medio de la separación de las semillas dañadas o deterioradas elevar la calidad (Doria, 2010). Para este procedimiento las máquinas y mesas donde se colocarán las semillas deben contar con la información de la variedad y se debe hacer con una sola variedad a la vez. Las máquinas empleadas para la limpieza de semillas de tomatillo son:

- Columna de aire: es adecuada para la separación de paja, cáscaras, semillas livianas o vanas, con el fin de mejorar la pureza física y la capacidad de germinación del lote de semillas.
- Zarandas: Se utilizan zarandas de 40 x 40 cm que clasifican las semillas por tamaño, separando el tamaño deseado de todo aquello que es más grande o pequeño que la semilla.

La limpieza también puede ser de tipo manual en mesas de trabajo previamente identificadas y desinfectadas (Figuras 40).



Figura 40: Limpieza manual de semilla de tomatillo

Luego de la limpieza, las semillas son almacenadas en bolsas de plástico con la identificación engrapada, para ser colocadas finalmente en contenedores o recipientes plásticos con cierre hermético para ser pesadas e iniciar el proceso de exportación (Figura 41).



Figura 41: Pesado de semilla limpia lista para ser empacada

3.14.4. Empaque

Posterior al reporte de pesos netos de semilla, se realiza el proceso del empaque teniendo como guía el packing list de exportación. Se procede a la rotulación de sacos o bolsas aluminizadas para realizar el vaciado de la semilla. Se cosen los sacos de semilla para ser colocados dentro de bolsas plastificadas que deben ser cerradas herméticamente. Finalmente, los empaques se colocan en cajas de cartón para ser selladas, etiquetadas con los datos de la variedad a exportar y se embalan para reportar el peso bruto de las cajas al área de exportaciones.

3.14.5. Exportación

El cliente da el visto bueno sobre la cantidad a exportar y se procede a solicitar la inspección fitosanitaria con SENASA, donde se le hace llegar el packing de exportación y las declaraciones adicionales con las plagas reguladas que solicita el país de exportación. Ellos emitirán el Certificado Fitosanitario, posterior a la inspección de las semillas.

3.15. RIEGO Y NUTRICIÓN

El fertirriego es la base de los cultivos bajo sustrato y mediante ella podemos suministrar la cantidad adecuada de nutrientes por medio del agua de riego y garantizar un equilibrio nutricional para favorecer el desarrollo óptimo de las plantas (Urrestarazu, 2015). Es importante realizar métodos de control de fertirriego los cuales van enfocados a realizar el seguimiento a los valores de CE, pH, volumen de la solución de fertirriego de ingreso y el porcentaje de drenaje (%) de la solución.

En los cultivos de solanáceas para producción de semillas, el período crítico, es decir, donde la planta es más sensible a la falta de agua en el suelo, es entre 15 días después del inicio de floración y los 30 días siguientes. El estrés hídrico repercute sobre el rendimiento más que sobre la calidad de las semillas, aunque también su escasez modifica la calidad y/o la cantidad de semillas (Gaviola, 2020).

En mi experiencia, los parámetros a seguir son los siguientes:

- Desde el trasplante hasta la hibridación se mantiene una CE de 1.5 a 1.7 dS/m, con un drenaje de 10 a 25%.
- Durante la hibridación la CE sube hasta 2.4 dS/m con drenajes hasta 25%.
- Durante la maduración la CE se mantiene con 2.4 dS/m, empezando a disminuir el drenaje hasta 10%.
- En la cosecha se mantiene la CE con 2.4 dS/m y se limita el drenaje de 5% llegando a 0% para evitar cracking de frutos y pudrición (Figura 42).

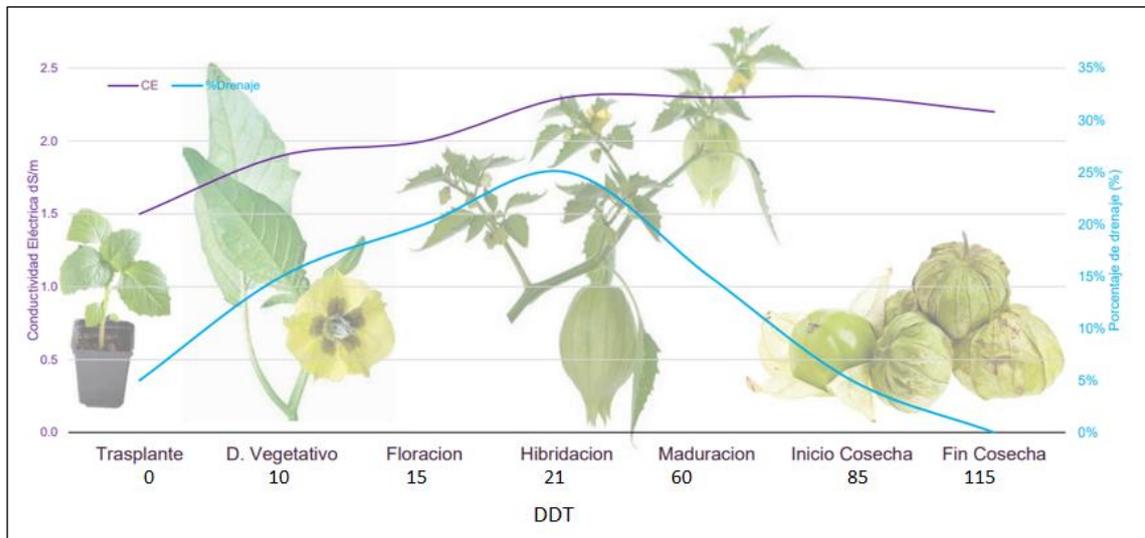


Figura 42: Rangos referenciales de CE y porcentaje (%) de drenaje para la producción de semillas de tomatillo

3.16. CONTROL FITOSANITARIO

3.16.1. Plagas y enfermedades presentes en el Valle de Ica

De acuerdo con la experiencia en el manejo del cultivo de tomatillo, se ha diseñado un Calendario Preventivo de Aplicaciones químicas, desde el establecimiento del cultivo hasta el fin de cosecha, teniendo en cuenta las principales plagas y enfermedades; considerando a la vez el uso de enraizantes posterior al trasplante y bioestimulantes durante la hibridación, además de la rotación de ingredientes activos (Figura 43).

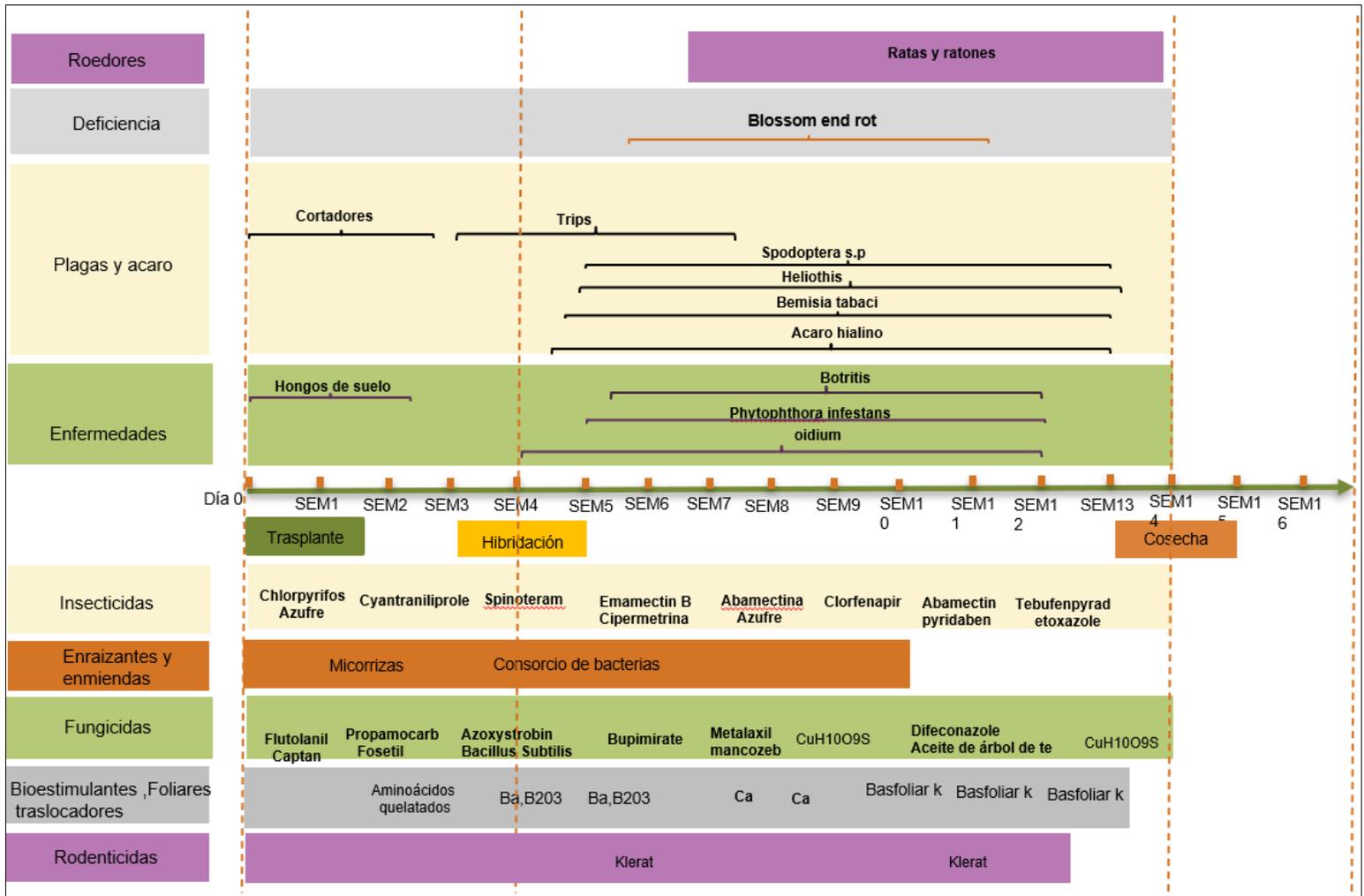


Figura 43: Calendario de aplicaciones químicas para el cultivo de tomatillo

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de semillas de tomatillo en el Perú presenta ventajas que atraen a nuestro proveedor de semillas como: las dos ventanas de siembra, facilidades en la exportación de las semillas, los precios y la calidad. Por esta razón, existe una preferencia por producir en nuestro país y es nuestro deber cumplir con los requerimientos establecidos en el contrato. Es crucial seguir diferentes pautas para lograr la calidad deseada, los kilos requeridos y la exportación de la semilla en el tiempo establecido para abastecer de semilla comercial a los representantes de ventas y desarrollo de la empresa en el extranjero. Identificar las problemáticas en el manejo del cultivo ayudará a establecer soluciones que puedan generar nuevos aportes y mejoras que se verán reflejados en los rendimientos cada ciclo. Es necesaria una planificación adecuada de todas las labores que implican la producción del cultivo, proyección de la mano de obra, compras de materiales y equipos, revisar las etapas desde importación a exportación para asegurar el cumplimiento de los objetivos.

Las plantas de tomatillo presentan una floración abundante y veloz. Por esta razón, fue necesario manejar la cantidad de personas que se destina por variedad durante la hibridación para evitar pérdida de flores óptimas a polinizar y asegurar el cumplimiento de lo requerido por los proveedores de semilla en el tiempo esperado (kilogramos ordenados, pureza y calidad de la semilla).

Se manejaba un sistema de conducción a 4 tallos, lo cual, bajo las condiciones del Valle de Ica, generaba plantas muy vigorosas de hojas y tallos grandes que generaban que el cuajado de frutos se viera afectado, produciéndose aborto de flores y cuajado incompleto de frutos. Debido a esta situación, se implementó la conducción de la planta a 6 brazos, lo cual mejoró el cuajado y número de semillas por fruto y permitió concentrar la hibridación.

Se identificaron los momentos en las etapas del proceso de producción donde podría perderse semilla y se observó que durante el lavado se perdía semilla ligera y de buen peso

(buena), debido a que los cernidores o coladores eran los mismos que se utilizaban para tomate y pimiento y 1 gr de semilla de tomatillo equivale de 600 a 750 unidades. Se decidió implementar la utilización de una malla de 1.5 x 1.5 mm mesh debajo del cernidor para el lavado de semillas de tomatillo.

Durante el año 2020, se obtuvieron valores muy bajos de número de semilla por fruto. Se llevó a cabo un ensayo para registrar la viabilidad del polen durante todo el proceso productivo de hibridación. Se observó que al enviar más tubos de polen fresco con menor cantidad de polen la viabilidad de este se mantenía en 60%. Se tomó la decisión de aumentar el número de envíos de cajas de polen al día de 1 a 3. Adicionalmente, se cambiaron los frascos de plástico por material de vidrio que promueve una mejor conservación. Asimismo, de acuerdo a la experiencia de otras empresas productoras de semillas, se forraron las cajas de polen con malla aluminizada que también mantiene la temperatura del polen. Los resultados se vieron reflejados en el 2021-2022, mayor porcentaje de viabilidad de los granos de polen fresco y mayor número de semillas por frutos.

Respecto a la cosecha de los frutos, se observó que al coleccionar todos los frutos caídos de planta y someterlos a poscosecha sobre harneros, pasados los 7 días había aún fruta verde con semilla que no completaba la madurez fisiológica. Se tomaron pruebas de germinación de 7 coloraciones de fruto. La fruta más verde y de semilla blanca presentaba germinaciones menores al 50% y la fruta de color verde amarillo o amarillo pálido tenía germinaciones arriba del 80%. Se tomó la decisión de implementar la selección de frutos durante la poscosecha antes de la trilla y así mejorar la calidad de nuestra semilla.

Así como en el cultivo de tomate y pimiento, se designó al tomatillo el ratio macho y hembra de 1:4. De acuerdo con la experiencia de dos campañas, observamos que quedaban camas de plantas macho sin cosechar y manteníamos una cantidad de polen alta al finalizar la hibridación de las principales variedades, debido a que el tomatillo presenta una muy buena disponibilidad de flores si se realiza un buen manejo nutricional y mantenimiento del cultivo mediante podas y tutorados. Esta fue una oportunidad para disminuir área de cultivo de parentales macho de tomatillo para poder aprovechar mejor el terreno agrícola e incrementar área de plantas hembra.

V. CONCLUSIONES

- La producción de semillas híbridas de tomatillo comprende etapas que inician con la importación de la semilla de los parentales, la siembra de estos, el trasplante a canaletas de sustrato, cosecha de flores macho, la hibridación, cosecha de frutos, poscosecha, trilla, lavado, secado, limpieza y la exportación de la semilla híbrida.
- El proceso de hibridación comprende la emasculación de las flores del parental hembra, antes de la dehiscencia del estambre, para asegurar la calidad genética, seguido de la polinización manual con el polen extraído del parental designado como macho, asegurando la receptividad del estigma (estigma brillante).
- Para la producción de semillas de tomatillo bajo sustrato es necesario realizar el seguimiento a los parámetros de fertirriego tales como: CE, pH, porcentaje de drenaje (%) y volumen de ingreso de solución, durante el desarrollo del cultivo; además el régimen de agua es crucial durante la etapa de hibridación, debiendo mantener un 20% de drenaje, una CE: 2.4 dS/m y un pH entre 5.5 – 6.5.
- Los componentes de rendimiento que influyen en la producción de la semilla híbrida de tomatillo son: el número de plantas, número de frutos hibridados, número de semillas por fruto, y el peso de 1000 semillas. Los valores estarán influenciados por la variedad, las condiciones del clima, ventana de siembra y el manejo agronómico.
- En la producción de semillas híbridas, la designación de un código de identificación para las variedades que se producirán durante la campaña es de suma importancia para asegurar la pureza genética del lote de semilla a exportar que resulta de un correcto cruzamiento de parentales. El seguimiento de la trazabilidad de los parentales debe realizarse desde la llegada de la semilla al fundo hasta la exportación, empleando etiquetas o identificaciones con la información precisa de estos.

VI. RECOMENDACIONES

- Elaborar un registro de las líneas o parentales de tomatillo producidas por ciclo para generar una base de datos con información técnica para promover la mejora continua del manejo del cultivo.
- Realizar nuevos ensayos de viabilidad de polen de tomatillo probando diferentes métodos manuales y softwares para el conteo de granos de polen.
- Probar el uso de sensores de temperatura y humedad relativa en casas malla para monitoreo durante la hibridación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, M., & Noguera, P. (2000). Los sustratos en los cultivos sin suelo. En *Manual del cultivo sin suelo* (pp. 137-183). Universidad de Almería. Madrid: Mundi Prensa.
- Aguilar, L.G. y Aguilar, V.A. (2000). *Cambios físicos y químicos en frutos de siete variedades de tomate de cáscara (Physalis ixocarpa Brot.) en postcosecha*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 83 p.
- Andreau, R., Giménez, D. y Beltrano, J. (2015) Soluciones Nutritivas I. En Beltrano, J. y Giménez, D.O. (Eds.), *Cultivo en hidroponía*. (pp. 77-83). Universidad Nacional de La Plata.
- Ayala, P.J.P., Peña, L.A, Mulato, B.J. (1992). Caracterización de germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa Brot.*) en Chapingo, México. *Revista Chapingo* 79/80:128-137.
- Beingolea, L. (2015). *Manejo y Control de Semillas*. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. p. 61-62.
- Benson, L. (1957). *Plant classification*. Heath and Co. Boston, D. C. 688 p.
- Bots and Mariani. (2005). Pollen viability in the field. Radboud Universiteit Nijmegen. p.9.
- Chacaltana, P. (2000). *Mapa de Peligros, Plan de Usos de Suelo y Propuesta de Medidas de Mitigación de los Efectos Producidos por los desastres naturales en el distrito de "La Tinguña"*. Universidad San Luis Gonzaga, Ica.
- Cruz, E.; Can, A.; Sandoval, M.; Bugarín, R.; Robles, A.; Juárez, P. (2012). Sustratos en la horticultura. *Revista Biociencias*, 2(2): 17-26.
- D'Arcy, W.G. (1991). The Solanaceae since 1976, with Review of its Biogeography. En J. G. Hawkes, R.N. Lester, M. Nee y N. Estrada (Eds) *Solanaceae III: Taxonomy, Chemistry and Evolution*. Royal Botanical Garden, Kew. Gran Bretaña. p. 75-138.
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales* 31:74-85.
- Dufault, R. (1998). Vegetable transplant nutrition. *HortTechnology*, 8(4), 515-523. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.8.4.515>.

- El Peruano. (28 de junio de 2008). Reglamento General de la Ley General de Semillas. *Diario el Peruano*. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-modifica-la-ley-n-27262-ley-gener-decreto-legislativo-n-1080-219812-2/>
- Elias, S.G., Copeland, L.O., McDonald, M.B., & Baalbaki, R.Z. (2012). *Seed testing: principles and practices*. Michigan State University Press. p.11.
- Fisher, L.R & Vann, M.C. (2019). Producing Healthy Transplants in a Float System. *Flue Cured Information*. Recuperado de <https://content.ces.ncsu.edu/pdf/producing-healthy-transplants-in/2019-01-03/201nsplants-web.pdf>
- Gaviola, J.C. (2020). *Producción de semillas hortícolas*. Ediciones INTA. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca Argentina. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/libesu3465_inta_asaho_web_semillas_v1.pdf
- George, R.A.T. (2005). Principles of seed production. En *Vegetable seed production* (3rd edition). p.44. IISBN 978-1-84593-521-4.
- Grimaldo, J.O., García, V.A., y Peña, L.A. (1999). Morfología Cromosómica y comportamiento meiótico en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5(1) 31-35 p.
- Hunziker, A.T. (2001). *Genera Solanacearum: the genera of Solanaceae illustrated, arranged according to a new system*. Gantner A.R.G. and K.G. Ruggell, Lichtenstein, 500 p.
- INDECI. (2007). Plan de Usos del Suelo ante Desastres y Medidas de Mitigación de las ciudades de Ica, Parcona, La Tinguña, Subtanjalla y San José De Los Molinos. Informe final. p. 25. Recuperado de <http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/INDECI/Plan%20de%20Usos%20del%20Suelo%20Ica,%20Parcona,%20La%20Tinguina,%20Subtanjalla%20y%20San%20Jose%20de%20los%20Molinos.pdf>
- INTAGRI. (2018). Polinización de las Hortalizas. Serie Hortalizas, Núm. 14. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- ISTA (International Seed Testing Association). (2019). International Rules for Seed Testing. ed. 2019. p. C5.1-10
- ISTA (International Seed Testing Association). (2016). International Rules for Seed Testing. ed.2016. Switzerland. p. C5.1-10
- ISTA (International Seed Testing Association). (2022). International Rules for Seed Testing. ed.2022. Japan. p. 7 C5.1-10

- Knapp, S., Stanfford, M. y Martínez, M. (2007). A checklist of the Solanaceae of Guatemala. En: *Biodiversidad de Guatemala* 1: 259-282.
- Laurente, M. (2021). *Producción y trasplante de plantines de hortalizas* (Trabajo de Suficiencia Profesional). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 62 p.
- Laverack, G.K., & Turner, M.R. (1995). Roguing seed crops for genetic purity: A review. En *Plant Varieties and Seeds* 8:29–45.
- Li, R., Baysal, F., Abdo, Z. (2015). Evaluation of disinfectants to prevent mechanical transmission of viruses and a viroid in greenhouse tomato production. *Virol Journal* 12, 5 <https://doi.org/10.1186/s12985-014-0237-5>.
- MacRobert, J.F., Setimela, P.S., Gethi, J. y Worku, M. (2015). *Manual de Producción de Semilla de Maíz Híbrido*. México, D.F.: CIMMYT.
- Makumba, W. (2018). *Seed Production and Handling Manual for community Based Seed Inspector and Producers*. Lilongwe 46, FAO.
- MAPAL. (2022). *Croquis de sistemas de canaletas*. Recuperado de <http://www.mapalagro.com/Site/sp/pages/inPage.asp?catID=47&subID=106>
- Martínez-Solís, J., Peña-Lomelí, A., y Montalvo-Hernández, D. (2004). *Producción y tecnología de semilla de tomate de cáscara*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Nascimento, W.M., & Pereira, R.B. (2016). *Produção de mudas de hortaliças*. Brasília, D.F., Brasil: Embrapa.
- Pandey, K.K. (1957). Genetics of self-Incompatibility in *Physalis ixocarpa* Brot.- A new system. *American Journal of Botany*, 44(10), 879-887. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/2438909>
- Pearce, B., Bailey, A., Reed, D., Vann, M., Johnson, C., Pfeufer, E., Thiessen, L., Burrack, H. (2014). *Management of Tobacco Float Systems*. Recuperado de https://burleytobaccoextension.ca.uky.edu/files/mgt_of_float_bed_systems_id-160_2019.pdf
- Peña, A. y Magaña, N. (11 de febrero de 2022). *Sistemas de producción de tomate de cáscara*. Curso virtual de Producción de Tomate de cáscara. INTAGRI. México.
- Peña, A., Magaña, N., Montes, S., Sánchez, J., Santiaguillo, J.F., Grimaldo, O., y Contreras, A. (2011). *Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Tomate de Cáscara (Physalis ixocarpa Brot. ex Horm.)*. SNICSSAGARPA, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México, México. 90

- Peña, L.A., Molina, G., Cervantes, S., Márquez, S., Sahagún, C., y Ortiz, C. (1998). *Heterosis intervarietal en tomate de cáscara (Physalis ixocarpa Brot.)*. Rev. Chapingo S. Hort. 4(1):31-37 p.
- Peña-Lomelí, A., Magaña-Lira, N., Gámez-Torres, A., Mendoza-Celino, F.A., y Pérez-Grajales, M. (2018). Manual pollination in two tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) varieties under greenhouse conditions. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 24(1), 41-52. <https://doi.org/doi: 10.5154/r.rchsh.2017.02.011>
- Peretti, A. (1994). *Manual para análisis de semillas*. Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur. pp.13,198,204,209-212.
- Pérez, G.M., Márquez, S.F., y Peña L.A. (1997). *Mejoramiento Genético de Hortalizas*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 379 p.
- Pérez, I., González, V.A., Ayala, Ó.J., Carillo, J.A., García, G., Peña, A., y Cruz, E. (2012). Calidad fisiológica de semillas de *Physalis ixocarpa* en función de madurez a cosecha y condiciones de almacenamiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(1), 67-78. Recuperado de <http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/>
- Pérez, M., Márquez, F., y Peña, A. (1998). *Mejoramiento genético de hortalizas*. Ciudad de México, México: Mundi Prensa.
- Press, C.R.C., Wrigley, C.W., & Bekes, F. (2004). Processing Quality Requirements for Wheat and Other Cereal Grains Processing Quality Requirements for Wheat and Other Cereal Grains En Benech-Arnold, R & Sanchez, R. (eds) *Handbook of seed physiology: Applications to agriculture*. p. 349.
- Ramirez, M.L. (2021). *Producción de semilla híbrida de Pimiento Serrano (Capsicum Annuum) Cv. Serrano Sinahusia En Sustrato Bajo Condiciones Del Valle De Ica*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ramos, B., Ortiz, Y., y Morales, I. (2018). Yield analysis of *Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem varieties under greenhouse and field conditions. *Ciência Rural*, 48(11), e20180044. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180044>
- SADER. (21 de enero de 2022). *Tomate a la mexicana*. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/tomate-a-la-mexicana>
- Santiaguillo, J.F., Cedillo E.P., y Cuevas J. A. (2010). *Distribución geográfica de Physalis spp. en México*. Prometeo Editores S. A. de C. V. Guadalajara, Jalisco, México 245 p
- Santiaguillo, J.F., Cervantes, T., Peña, A., Molina, J.D., y Sahagún, J. (2005). Polinización controlada en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie*

- Horticultura*, 11(1), (pp. 67-71). <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2003.10.064>
- Santiaguillo, J.F., Vargas, O., Grimaldo, O., Sánchez, J., y Magaña-Lira, N. (2009). *Aprovechamiento tradicional y moderno de tomate (Physalis) en México*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Santiaguillo, J.F., Vargas, O., Grimaldo, O., Magaña, N.; Caro, F., Peña, A., y Sánchez, J. (2012). *Perfil del diagnóstico de la red tomate de cáscara*. Chapingo: Universidad Autónoma Chapingo. 9 p.
- Saray, M.C.R, y Loya J.L. (1977). *El cultivo de Tomate de Cáscara*. Inf. Rep. 57. INIA CIAMEC. Zacatepec, Morelos, Chapingo México. p 24
- Seleem, E., y Nassar, R. (2021). Morphological and Anatomical Studies on *Physalis peruviana* L. and *Physalis ixocarpa* Brot. Ex Hornem. *Journal of Plant Production*, 12(11), 1179-1183. <https://doi.org/10.21608/jpp.2021.100328.1069>.
- SENAMHI. (2021). Climas del Perú. Mapa de Clasificación Climática Nacional. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>.
- Smith, R., y Jiménez, M. (1999). *Producción de Tomatillo en California*. University of California – Division of Agriculture and Natural Resources Publication 7246. Centro de Información e Investigación de Hortalizas Serie de Producción de Hortalizas.
- Smith, W., Hartley, M., Spears, J., Fisher, L., & Schultheis, J. (2001). *Effect of Uniformity of Seedling emergence on the percentage of Usable Transplants produced in the greenhouse Float System*. Tobacco science. N. C. State University. N. C. Raleigh. 1-5 p.
- Stanley, R., & Linskens, H. (1974). *Pollen biochemistry management*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Taboada, M.S., y Oliver, G. (2004). *Cultivos alternativos en México*. México: Editorial AGT Editor SA. p.169.
- Urrestarazu, G.M. (2015). *Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía*. (Ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa. p. 190-191.
- Vargas, P.O., Martínez, D.M., y Dávila, A.P. (2003). *La Familia Solanaceae en Jalisco, el género Physalis*. Universidad de Guadalajara, Jalisco. México. 127 p.
- Vargas, P.O. (2015). Dietary potential of husk tomatoes (*Physalis* spp.) in México. *Agroproductividad*, 8(1), 17-22.
- Verde, G., & Álvarez, M. (1994). *Fenología en el cultivar C-28 y la forma silvestre Nagcarlan en siembras fuera de épocas*. La Habana: BNC. IDIT.

Williams, W. (1965). *Genetical principles and plant breeding*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, England. 527 p.