

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“MANEJO AGRONÓMICO PARA LA PRODUCCIÓN DE  
SEMILLA HÍBRIDA DE PIMIENTO (*Capsicum annuum*)  
EN CASA MALLA - CAÑETE”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL  
PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**JAIR SAUL HUAMANLAZO TORRES**

**LIMA – PERÚ**

**2023**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art.24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

## **FACULTAD DE AGRONOMÍA**

### **“MANEJO AGRONÓMICO PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA DE PIMIENTO (*Capsicum annuum*) EN CASA MALLA - CAÑETE”**

**Jair Saul Huamanlazo Torres**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

.....  
Dr. Oscar Oswaldo Loli Figueroa  
**PRESIDENTE**

.....  
M. S. Andrés Virgilio Casas Díaz  
**ASESOR**

.....  
Ing. Mg. Sc. Luis Rodrigo Tomassini Vidal  
**MIEMBRO**

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

**LIMA – PERÚ**

**2023**

## Document Information

Analyzed document	JAIR HUAMANLAZO - EXPERIEN.pdf (D154919897)
Submitted	2023-01-04 22:58:00
Submitted by	Isabel
Submitter email	imontes@lamolina.edu.pe
Similarity	4%
Analysis address	isabel.unalm@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Universidad Nacional Agraria La Molina / TSP JOYAP REVISIÓN.docx</b> Document TSP JOYAP REVISIÓN.docx (D141770000) Submitted by: imontes@lamolina.edu.pe Receiver: imontes.unalm@analysis.arkund.com	 3
<b>SA</b>	<b>Universidad Nacional Agraria La Molina / JAIR HUAMANLAZO - REV.pdf</b> Document JAIR HUAMANLAZO - REV.pdf (D154919892) Submitted by: imontes@lamolina.edu.pe Receiver: isabel.unalm@analysis.arkund.com	 3
<b>SA</b>	<b>anteproyecto imprimir SUSTENTACIÓN.docx</b> Document anteproyecto imprimir SUSTENTACIÓN.docx (D11542715)	 1
<b>SA</b>	<b>Universidad Nacional Agraria La Molina / TSP JOYAP RESULTADOS.docx</b> Document TSP JOYAP RESULTADOS.docx (D141769949) Submitted by: imontes@lamolina.edu.pe Receiver: imontes.unalm@analysis.arkund.com	 2

## Entire Document

1 EXPERIENCIA LABORAL 4.1 Características de Cañete 4.1.1 Ubicación geográfica La provincia de Cañete está ubicada al sur de Lima, sus límites son: al norte, con el distrito de San Luis; al sur, con la provincia de Chincha; al este, con el distrito de Lunahuaná y el distrito Imperial; al oeste, con el Océano Pacífico. Abarca una extensión territorial de 5,622.78 Km<sup>2</sup>, el cual corresponde al 13.1% de la superficie del departamento de Lima. 4.1.2 Datos meteorológicos La provincia de Cañete tiene un clima seco, los veranos son calurosos, húmedos, áridos y nublados y los inviernos son largos, secos y generalmente despejados. Durante el transcurso del año, la temperatura varía entre 17 a 27 °C (SENAMHI, 2021), sin embargo, como esta región yace sobre dos regiones geográficas, Costa o Chala (0 – 500 m.s.n.m.) en sus valles y Yunga (500 – 2500 m.s.n.m.) en sus quebradas, el clima varía de acuerdo a la ubicación. En invierno la humedad relativa es alta, pues la humedad media anual es del 65%. 4.2 Descripción de funciones y organización del equipo fertirriego El equipo del "Departamento de Fertirriego" en primer lugar está constituido por el jefe de fertirriego cuya función es analizar, planificar y supervisar los temas relacionados con la logística, presupuesto, recursos humanos, materiales, plan de fertilización y todo lo involucrado a las operaciones de fertirriego en coordinación con el sub gerente y asistente. En segundo lugar, tenemos al asistente de fertirriego, quien está encargado de evaluar y monitorear las variedades en campo según la etapa fenológica del cultivo, el parámetro de producción y otras características particulares de cada variedad. Esta persona también está encargada de realizar las programaciones de riego por variedad durante la evaluación de

## ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1 Origen e historia del Pimiento .....	3
2.2 Importancia del Pimiento en el Perú y el Mundo .....	4
2.3 Clasificación Taxonómica .....	7
2.4 Descripción Morfológica .....	7
2.1.1 Planta .....	7
2.1.2 Raíz.....	8
2.1.3 Tallo.....	9
2.1.4 Hojas.....	10
2.1.5 Flores .....	11
2.1.6 Frutos .....	11
2.1.7 Semillas .....	12
2.2 Etapas Fenológicas .....	13
2.2.1 Germinación .....	13
2.2.2 Crecimiento vegetativo.....	13
2.2.3 Floración.....	14
2.2.4 Fructificación.....	15
2.2.5 Maduración.....	17
2.3 Plagas y enfermedades en el pimiento.....	18
2.3.1 Plagas.....	18
2.3.2 Enfermedades .....	19
2.4 Fisiopatías y deficiencias nutricionales del pimiento .....	20
2.4.1 Fisiopatía .....	20
2.4.2 Deficiencia de nutrientes .....	22
2.5 Fertirriego en Hortalizas .....	24
2.5.1 Déficit de Presión de vapor en producción de hortalizas .....	24
2.5.2 Sistema radicular del pimiento .....	25
2.5.3 Movimiento del agua en el pimiento .....	26
2.5.4 Movimiento del calcio en el pimiento .....	27

2.6	Tensiómetro .....	28
2.6.1	Importancia.....	28
2.6.2	Uso y funcionamiento.....	28
2.6.3	Calibración .....	29
2.6.4	Interpretación de lectura .....	29
	.....	30
2.7	Producción de semillas híbridas de hortalizas .....	30
2.7.1	Importancia en el Perú.....	31
2.7.2	Semillas híbridas de pimiento.....	31
2.7.3	Producción de semillas híbridas en casa malla.....	32
III. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL.....		37
3.1	Características de Cañete .....	37
3.1.1	Ubicación geográfica.....	37
3.1.2	Datos meteorológicos .....	37
3.2	Descripción de funciones y organización del equipo fertirriego .....	37
3.3	Antecedentes en el manejo agronómico .....	38
3.4	Manejo de información .....	41
3.4.1	Análisis de nutrición del agua de riego .....	41
3.4.2	Monitoreo de tensiómetros .....	41
3.4.3	Recolección e interpretación de información del cultivo .....	44
3.4.4	Interpretación de la estación meteorológica .....	45
3.5	Pudrición apical del fruto o Blossom end Rot .....	46
3.5.1	Factores externos del fruto .....	47
3.5.2	Factores internos del fruto .....	49
3.6	Manejo agronómico para el control de la pudrición apical del pimiento .....	50
	A continuación, se detalla el requerimiento hídrico en centibares (cb) según cada etapa fenológica del cultivo después del trasplante: .....	52
3.6.1	Desarrollo vegetativo.....	52
3.6.2	Floración y fructificación .....	53
3.6.3	Maduración.....	54
3.6.4	Cosecha.....	54
3.7	Labores culturales complementarias.....	56

3.7.1	Riego de fondo de surco .....	56
3.7.2	Uso de cintas laterales .....	56
3.7.3	Uso de enraizantes .....	58
3.7.4	Uso de malla como sombra .....	58
3.7.5	Aplicación foliar de calcio y boro .....	59
IV. CONCLUSIONES .....		60
V. RECOMENDACIONES .....		61
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Origen y distribución del pimiento .....	4
Figura 2: A) Planta adulta de pimiento sin suelo; B) Cultivo de pimiento bajo condiciones de campo.....	8
Figura 3: A) Raíz del pimiento a los 6 días de germinación; B) Raíz del pimiento a los 20 días.....	9
Figura 4: Tallo del pimiento con brotes laterales y ramificaciones antes de la cruz.....	10
Figura 5: A) Hoja de pimiento vista por el haz; B) Hoja de pimiento vista por el envés ..	10
Figura 6: A) Nacimiento de la flor en un nudo del tallo principal; B) Flor y botones florales de una planta de pimiento .....	11
Figura 7: A) Inserción del fruto de pimiento en un tallo donde se aprecia los “hombros” y el fuerte pedúnculo; B) Sección transversal de un fruto de pimiento, donde se aprecia los lóbulos y semillas.....	12
Figura 8: Semilla del pimiento .....	13
Figura 9: Desarrollo vegetativo del cultivo de pimiento en casa malla.....	14
Figura 10: Botones florales del pimiento .....	15
Figura 11: Fruto cuajado del pimiento .....	16
Figura 12: Crecimiento y maduración del fruto del pimiento de forma escalonada .....	16
Figura 13: Maduración escalonada del fruto del pimiento en planta .....	17
Figura 14: Cosecha del fruto de pimiento .....	17
Figura 15: Hoja de pimiento con Oidiopsis ( <i>Leveillula taurica</i> ).....	19
Figura 16: Fruto con daño del moho gris ( <i>Botrytis cinerea</i> ) .....	20
Figura 17: Fruto agrietado durante la maduración .....	21
Figura 18: Fruto con daño Blossom end Rot o Necrosis Apical .....	23
Figura 19: Tensiómetros .....	28
Figura 20: Vacuómetro del tensiómetro .....	30
Figura 21: Pregerminado de semillas de pimiento en una cámara húmeda.....	33
Figura 22: Almacigo de plántulas de pimiento.....	33
Figura 23: Transplante de las plántulas de pimiento a suelo firme .....	34
Figura 24: Frutos diferenciados con un color de cinta que indican el día en el cual fueron polinizados de forma manual.....	35

Figura 25: Maduración de frutos de pimiento de forma escalonada .....	36
Figura 26: Madurez fisiológica de la semilla del pimiento .....	36
Figura 27: Frecuencia de riego vs tensiones.....	42
Figura 28: Ubicación del tensiómetro en las camas de las variedades de pimiento.....	43
Figura 29: Variedades de pimiento de fruto grande susceptibles a la pudrición apical del fruto .....	49
Figura 30: Variedades de pimiento de fruto pequeños tolerantes a la pudrición apical del fruto .....	49
Figura 31: Variedades de pimiento de coloración amarillo y naranja susceptible a la pudrición apical del fruto.....	50
Figura 32: Variedades de pimiento de coloración roja y verde que son tolerantes a la pudrición apical del fruto.....	50
Figura 33: Manejo de tensiones segun cada etapa fenológica del cultivo de pimiento después del trasplante .....	51
Figura 34: Fruto maduro sano de pimiento .....	55
Figura 35: Fruto con un daño leve de la pudrición apical .....	55
Figura 36: Cinta de riego en el fondo de surco para reducir la presión de vapor entre camas de una misma variedad .....	56
Figura 37: Croquis de la instalación de cinta de riego lateral en las camas de las variedades de pimiento dentro de la casa malla .....	57
Figura 38: Cinta de riego lateral instalada en el perímetro de las camas de las variedades de pimiento .....	57
Figura 39: Evaluación del crecimiento del área radicular de las plántulas de pimiento en almácigo .....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Empresas peruanas exportadoras de paprika y sus mercados .....	5
Tabla 2: Empresas peruanas exportadoras de pimiento piquillo y sus mercados.....	6
Tabla 3: Empresas peruanas exportadoras de pimiento morrón y sus mercados .....	6
Tabla 4: Clasificación taxonómica del pimiento ( <i>Capsicum annuum</i> ).....	7
Tabla 5: Guía para la interpretación de los centibares (cb) del vacuómetro .....	30
Tabla 6: Análisis de nutrición del agua de riego .....	41
Tabla 7: Temperaturas óptimas para el cultivo de pimiento en las distintas fases de desarrollo .....	45
Tabla 8: Rango de kPa en el déficit de presión de vapor y su interpretación.....	48

## **RESUMEN**

El presente trabajo se realizó con el objetivo de explicar el manejo agronómico y sus criterios para el control de la pudrición apical del fruto (Blossom end Rot) del pimiento para la producción de semillas híbrida en el valle de Cañete, pues la pudrición apical es uno de los principales factores que disminuye el rendimiento causando pérdidas económicas, es por ello que se debe mencionar que la pudrición apical de fruto se produce por una deficiencia nutricional de calcio en la planta, la cual es generada fundamentalmente por un estrés hídrico en la etapa fenológica de crecimiento de fruto, siendo este periodo considerado como crítico. La absorción y movilización de calcio en la planta es limitada cuando hay un estrés o déficit hídrico, por lo que se debe mantener al sistema radicular de la planta en constante desarrollo, asimismo, se debe indicar que el pimiento es una planta que presenta un área radicular superficial y poco regenerativa; siendo sensible al estrés hídrico en especial durante la primera etapa vegetativa y crecimiento de fruto, ya que puede producir una serie de alteraciones en los mecanismos morfológicos de la planta como: reducción del área foliar, menor crecimiento de raíces, alteración en la relación de raíz/brotes, en el llenado de semillas, entre otros. Es por ello que, en el presente trabajo se propone un programa de fertirriego en donde a la primera etapa fenológica vegetativa no se le aplique un déficit hídrico, sino que se suministre una cantidad adecuada de agua para que desarrolle la máximo área radicular, con el objetivo de que en las etapas fenológicas posteriores del cultivo con una mayor demanda de agua no tengan problemas de deshidratación, ni de deficiencia de nutrientes, para que no se genere el problema de necrosis apical y no haya pérdidas económicas.

**Palabras clave:** necrosis apical, estrés hídrico, calcio, sistema radicular

## **ABSTRACT**

The present work was carried out with the objective of explaining the agronomic management and its criteria for the control of the apical rot of the fruit (Blossom end Rot) of the pepper for the production of hybrid seeds in the Cañete valley, since the apical rot is a of the main factors so that the performance decreases causing economic losses. It should be mentioned that fruit apical rot is produced by a nutritional deficiency of calcium in the plant, which is fundamentally generated by hydric stress in the phenological stage of growth of the fruit. fruit, this period being considered critical. The absorption and mobilization of calcium in the plant is limited when there is stress or water deficit, which is why the root system of the plant must be kept in constant development. On the other hand, it should be noted that the pepper is a plant that has a superficial root area and little regenerative, therefore, it is sensitive to water stress, especially during the first vegetative stage and fruit growth, since it can produce a serious of alterations in the morphological mechanisms of the plant such as: reduction of the foliar area, lower root growth, alteration in the root-shoot relationship, in the filling of seeds, among others. That is why, in the present work, a fertigation program is proposed where a water deficit is not applied to the first vegetative phenological stage, but an adequate amount of water is supplied to develop the maximum root area, with the The objective is that in the subsequent phenological stages of the crop that have a greater demand for water, they do not have problems of dehydration or nutrient deficiency, so that the problem of apical necrosis is not generated and there are no economic losses.

**Key word:** apical necrosis, hydric stress, calcium, root system

## I. INTRODUCCIÓN

El pimiento (*Capsicum annuum*) es un cultivo originario de América del Sur principalmente de Perú, Bolivia, Argentina y Brasil; actualmente está distribuido en los diferentes países y continentes del mundo. Además, presenta variedades dulces, agridulces y algunas picantes (Bartolomé et al., 2015).

Este cultivo tiene una amplia importancia económica por su versatilidad en la alimentación humana, pues esta hortaliza se puede consumir de forma fresca o industrializada (deshidratada y conserva), también se usa como colorante y condimento en las comidas (Joya, 2022). Este fruto tiene un alto contenido nutricional, siendo las vitaminas A y C las más resaltantes; sin embargo, esta composición puede cambiar según las variedades, siendo los pimientos rojos los que presentan un mayor contenido de vitamina A, en comparación a los pimientos dulces los cuales tienen una mayor concentración de vitamina C (Pino, 2018).

El Perú ocupa el tercer puesto en exportación y producción de frutos del género *Capsicum*, y cuenta con 350 variedades de rocotos, ajíes y pimientos (SENAMHI, 2021). A partir de 1990 en el país, los centros de investigación, universidades y empresas privadas han ido desarrollando nuevas tecnologías que buscan una producción hortícola intensiva, siendo los invernaderos y casas mallas una alternativa para obtener mayores rendimientos (Merino, 2017).

### 1.1 Problemática:

El uso de nuevas tecnologías marca nuevos retos en el manejo agronómico, involucra producir material de alto valor genético en condiciones controladas, por ello deben ser eficientes las labores culturales, las aplicaciones sanitarias y la fertilización en las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

La producción de semillas de pimiento bajo casa malla, demanda un sistema de riego controlado y labores de alta inversión, pues este cultivo presenta un área radicular reducida, por ende, es sensible al estrés o déficit hídrico (FAO, 2002). También se debe de mencionar que la producción de semilla híbrida de cada variedad demanda un régimen hídrico

particular, así como labores culturales. A este desafío se le suma el problema de pudrición apical, el cual es responsable de grandes pérdidas económicas atribuyéndose su aparición a una reducida absorción y transporte de calcio hacia la zona apical del fruto. Otros estudios relacionan esta fisiopatía a la salinidad del suelo, al estrés hídrico y otros factores abióticos (Intagri, 2015).

En un sistema de producción intensiva de semilla híbrida, un fruto con pudrición apical no llega a ser comercializado debido a los altos estándares de calidad del mercado, por ello es fundamental determinar un manejo agronómico preventivo, el cual debe de estar complementado con evaluaciones oportunas (estado hídrico del suelo, factores climatológicos, etc.) y labores culturales específicas para cada etapa fenológica del cultivo según susceptibilidad y tipo de fruto.

## **1.2 Objetivos:**

- Explicar el manejo agronómico para la producción de semilla híbrida de pimiento (*Capsicum annum*) en casa malla-Cañete.
- Explicar los criterios de evaluación en la pudrición apical del fruto de pimiento.
- Exponer la importancia de analizar los datos meteorológicos y la información del cultivo en tiempo real.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

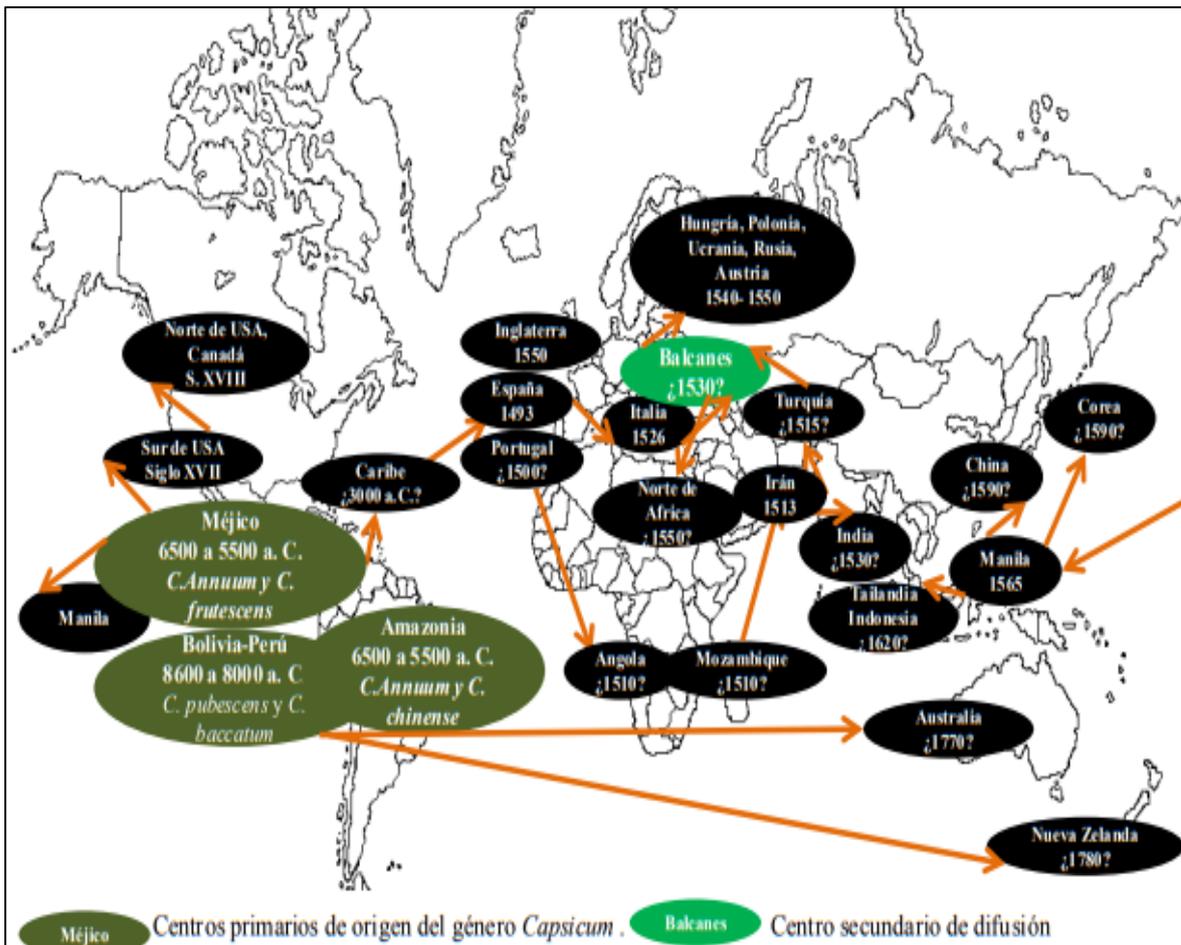
### 2.1 Origen e historia del Pimiento

La familia Solanaceae, es una de las hortalizas más cultivadas en el mundo especialmente en Europa y América Central, dentro de esta familia se encuentra la especie *Capsicum annum* (Reche, 2010), la cual se divide en variedades dulces, agridulces y picantes. El género *Capsicum* es originaria de Centroamérica; además, constituyen uno de los primeros grupos de plantas domesticadas por el hombre (Teresa Bartolomé et al., 2015). Este género tiene como centro de origen primario al área andina central, principalmente Bolivia, Perú y Ecuador, llegando a extenderse hacia el norte hasta llegar a México, el cual es considerado también como centro de origen secundario, pues en esta zona se encontró distintas especies silvestres (Reche, 2010; Vavilov, 1994) (Figura 1).

El proceso de domesticación del pimiento comenzó antes de los 8000 a.c. encontrándose restos de *Capsicum* en las cuevas de Guitarrero y Pachamamay (Perú) y en el valle del Tehuacaán (México) datados entre 8600-8000 y 6500-5500 a.c., respectivamente (Fernando Nuez et al., 1996). Según Bartolomé et al. (2015), esta domesticación ocurrió de forma independiente en varios sitios pues se tomó de partida a diferentes especies silvestres, de las cuales el hombre seleccionó y conservó las características favorables de la planta y fruto como: color, tamaño, forma e intensidad del sabor picante. En México y la Amazonía la especie que se domesticó fue *C. annum*, la cual dio origen a las variedades de *Capsicum chinense* (Amazonia) y *Capsicum frutescens* (México).

Después del proceso de domesticación del pimiento, este llegó a España por Colón en 1493, en especial para sustituir a la pimienta negra (*Piper nigrum* L.) (Teresa Bartolomé et al., 2015), expandiéndose primero por el sur de Europa y luego al resto del mundo. Las primeras variedades que llegaron al continente europeo fueron las picantes, sin embargo, con el tiempo en los huertos y monasterios se fue seleccionando a las variedades dulces. A partir del siglo XIX, se difundió más este cultivo por sus propiedades nutritivas. Aunque, no fue

hasta mediados del siglo XX, que se comenzó a mejorar genéticamente a la especie *C. annumm* por sus características del tamaño del fruto (Saavedra, 2019). En la actualidad hay muchas variedades o tipos de pimientos que se diferencian por su color, forma, grosor de piel, etc. Siendo el pimiento dulce el que ocupa la mayor superficie de cultivo en España bajo invernadero (Reche, 2010).



El Perú exporta una gran variedad de ajíes y pimientos, ocupando el tercer puesto en cuanto a producción y exportación de frutos del género Capsicum, después de China e India (SENAMHI, 2021). Los frutos del género Capsicum que lideraron en la exportación son: páprika (48%), piquillo (17%) y morrón (5%) (Red Agrícola, 2021).

La producción de páprika se concentra en las regiones de Lima y Arequipa, los principales destinos de exportación fueron: Estados Unidos (41%), México (31%) y España (19%). Las exportaciones a Estados Unidos alcanzaron las 9095 toneladas por US\$ 27 millones. A México, los envíos sumaron 6942 toneladas por US\$ 24 millones y en el caso de España, las exportaciones alcanzaron las 4310 toneladas por US\$ 9 millones. En la Tabla 1, se detalla las principales empresas exportadoras y compradoras de este producto (Red Agrícola, 2021).

**Tabla 1: Empresas peruanas exportadoras de paprika y sus mercados**

<b>País</b>	<b>Empresas Compradoras</b>	<b>Empresas peruanas exportadoras</b>
<b>Estados Unidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Overseas Products &amp; Spices Corp. (12%)</li> <li>- Ups Ocean Freight Services Inc. (9%,)</li> <li>- G.P. De Silva Spices Inc. (5%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S&amp;M Foods S.A.C. (11%)</li> <li>- Industrial Comercial Holguín e Hijos S.A. (9%)</li> <li>- UPS SCS S.R.L. (8%)</li> </ul>
<b>México</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Megafarma S.A. de C.V., (20%)</li> <li>- Soluciones y Punto S.A. de C.V. (18%)</li> <li>- Oleoresinas de Colima S.A. de C.V. (12%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agroindustrial E&amp;C S.A.C. (16%)</li> <li>- ADB International S.A.C. (11%)</li> <li>- S&amp;M Foods S.A.C. (10%)</li> </ul>
<b>España</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ramon Sabater S.A.U. (54%)</li> <li>- Conservas El Cidacos S.A. (14%)</li> <li>- Juan José Albarracín S.A. (10%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agroexportadora Sol de Olmos S.A.C. (19%)</li> <li>- Tal S.A.C., (14%)</li> <li>- S&amp;M Foods S.A.C. (12%)</li> </ul>

El pimiento piquillo se cultiva en las regiones de La Libertad (34%), Piura (45%) y Lambayeque (21%). Los principales mercados de exportación fueron: España (89%), Estados Unidos (4%) y Países bajos (2%). Los envíos a España sumaron 10079 toneladas por US\$ 20 millones. En Estado Unidos, las exportaciones de piquillo alcanzaron las 463 toneladas por US\$ 1 millón. Y en el caso de los Países Bajos, las exportaciones sumaron 258 toneladas por US\$ 517000. En la Tabla 2, se detalla las principales empresas exportadoras y compradoras de este producto (Red Agrícola, 2021).

**Tabla 2: Empresas peruanas exportadoras de pimiento piquillo y sus mercados**

<b>País</b>	<b>Empresas Compradoras</b>	<b>Empresas peruanas exportadoras</b>
<b>España</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Virú Ibérica S.L (21%)</li> <li>- Conservas El Cidacos S.A. (14%)</li> <li>- Juan José Albarracín S.A (9%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecosac Agrícola S.A.C (33%)</li> <li>- Virú S.A. (33%)</li> <li>- Green Perú S.A. (18%)</li> </ul>
<b>Estados Unidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atalanta Corp. (31%)</li> <li>- Marketing Inc. (28%)</li> <li>- Dairyland Usa Corp. (16%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Virú S.A. (36%)</li> <li>- Danper Trujillo S.A.C. (33%)</li> <li>- Ecosac Agrícola S.A.C. (9%)</li> </ul>
<b>Países Bajos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lidl Stiftung &amp; Co. (92%)</li> <li>- De Roos International B.V. (5%)</li> <li>- Clama Co (4%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Virú S.A. (63%)</li> <li>- Incavo S.A.C. (8%)</li> <li>- Xpodeka S.A.C. (4%)</li> </ul>

El pimiento morrón tuvo como principales destinos a Estados Unidos (66%), España (20%) y Canadá (6%). Las exportaciones de este fruto a Estados Unidos sumaron 3275 toneladas por US\$ 4 millones. A España, los envíos peruanos sumaron 970 toneladas por US\$ 2 millones. En la Tabla 3, se detalla las principales empresas exportadoras y compradoras de este producto (Red Agrícola, 2021).

**Tabla 3: Empresas peruanas exportadoras de pimiento morrón y sus mercados**

<b>País</b>	<b>Empresas Compradoras</b>	<b>Empresas peruanas exportadoras</b>
<b>Estados Unidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Global Inc. (19%)</li> <li>- LFI Inc. (14%)</li> <li>- Interglobo North America Inc. (9%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecosac Agrícola S.A.C. (61%)</li> <li>- Danper Trujillo S.A.C. (9%)</li> <li>- FDL International Cargo E.I.R.L (7%)</li> </ul>
<b>España</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conservas del Cidaco S.A. (100%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Green Perú S.A.C. (46%)</li> <li>- TWF S.A. (27%)</li> <li>- Danper Trujillo S.A.C. (26%)</li> </ul>
<b>Canadá</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecosac Canadá Inc. (94%)</li> <li>- Mantab Inc. (6%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gandules Inc. S.A.C. (55%)</li> <li>- Ecosac Agrícola S.A.C. (39%)</li> </ul>

## 2.3 Clasificación Taxonómica

La clasificación del pimiento según Flores & Vilcapoma (2006) es de la siguiente manera en la Tabla 4:

**Tabla 4: Clasificación taxonómica del pimiento (*Capsicum annuum*)**

Categoría	Taxa
<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase:</b>	Asteridae
<b>Orden:</b>	Scrophulariales
<b>Familia:</b>	Solanaceae
<b>Subfamilia:</b>	Solanoideae
<b>Tribu:</b>	Solaneae
<b>Genero:</b>	Capsicum
<b>Especie:</b>	<i>Capsicum annuum</i>

## 2.4 Descripción Morfológica

### 2.1.1 Planta

Es un cultivo herbáceo, anual y erecto de crecimiento determinado o limitado (Fornaris, 2005). Está conformada por un tallo principal anguloso, el cual según va madurando va tomando una forma cilíndrica. Además, este alcanza una altura de 40 cm, se bifurca en 2 a 3 ramas que a su vez se ramifican en forma dicotómica (Fornaris, 2005; Reche, 2010). La altura de este cultivo al aire libre llega a 1 metro, pero bajo casa malla esta altura se duplica

a 2 metros, necesitando de un tutor para sujetarse y evitar que se quiebren con el peso del fruto (Figura 2 A y B) (Reche, 2010).

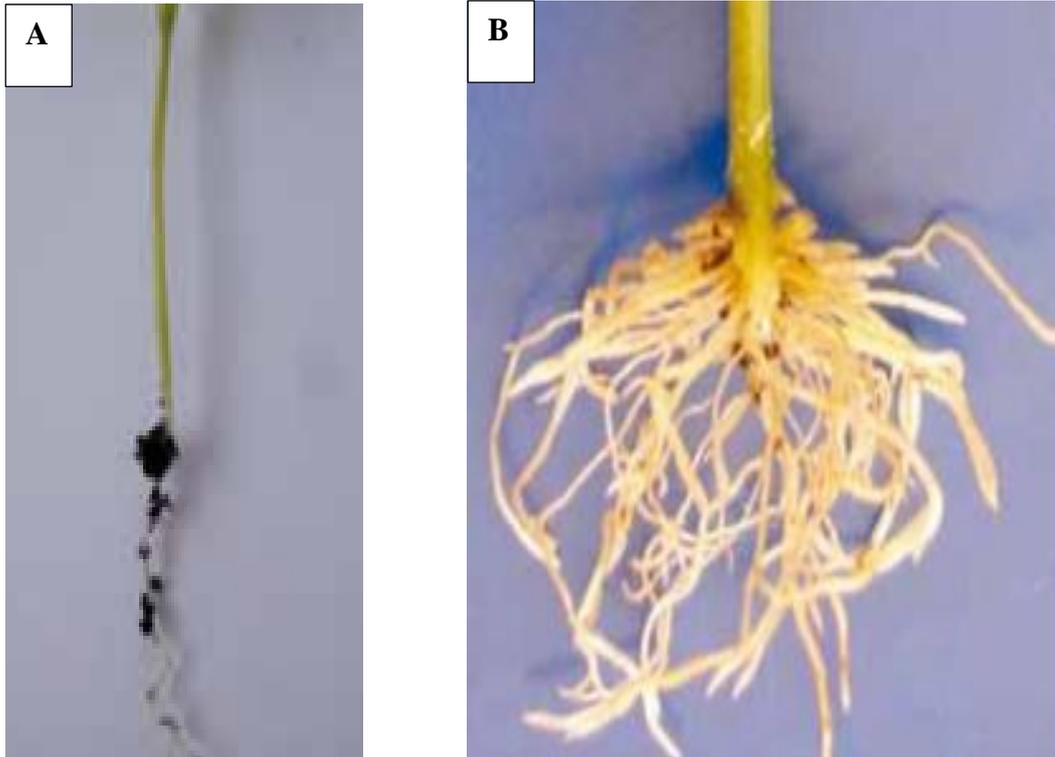


**Figura 2: A) Planta adulta de pimiento sin suelo; B) Cultivo de pimiento bajo condiciones de campo**

Fuente: Reche (2010)

### **2.1.2 Raíz**

La raíz crece en dirección opuesta al tallo, introduciéndose en la tierra, de donde extrae las sustancias nutritivas para luego ser transportadas por los haces vasculares de la planta (Reche, 2010). El sistema radicular del pimiento a los 20 días de germinación, está conformado por una raíz principal pivotante, delgada con abundantes raicillas (Figura 3). La raíz adulta puede llegar a medir 50 cm de profundidad cuando la humedad y textura del suelo son favorables, sin embargo, cuando la siembra es por transplante y el riego es superficial o por goteo, el desarrollo del sistema radicular de la planta es limitado (Fornaris, 2005). Además, el 75% del volumen de raíces se localiza a una profundidad de 25 a 30 cm y su densidad horizontal alcanza los 50 a 75 cm (Reche, 2010).

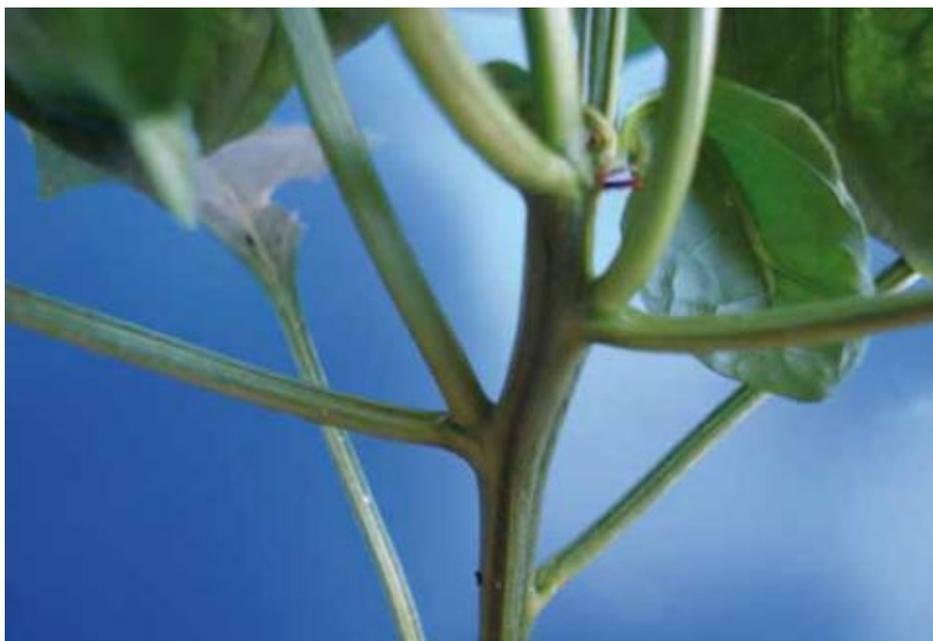


**Figura 3: A) Raíz del pimiento a los 6 días de germinación; B) Raíz del pimiento a los 20 días**

Fuente: Reche (2010)

### **2.1.3 Tallo**

Es la estructura de sostén de la planta, de crecimiento limitado, erecto, frágil, de epidermis brillante con estrías y de un grosor de 1.5 cm, en los nudos se insertan las hojas, frutos y ramificaciones. El tallo a los 25 a 30 días del trasplante se dividen en 2 a 3 brazos, los cuales a su vez se bifurcan, dependiendo del tipo de crecimiento y variedad cultivada (Figura 4). En algunas variedades los brotes aparecen antes de que se forme la cruz, entonces la planta está conformada por un tallo principal y sus ramificaciones laterales (Reche, 2010).

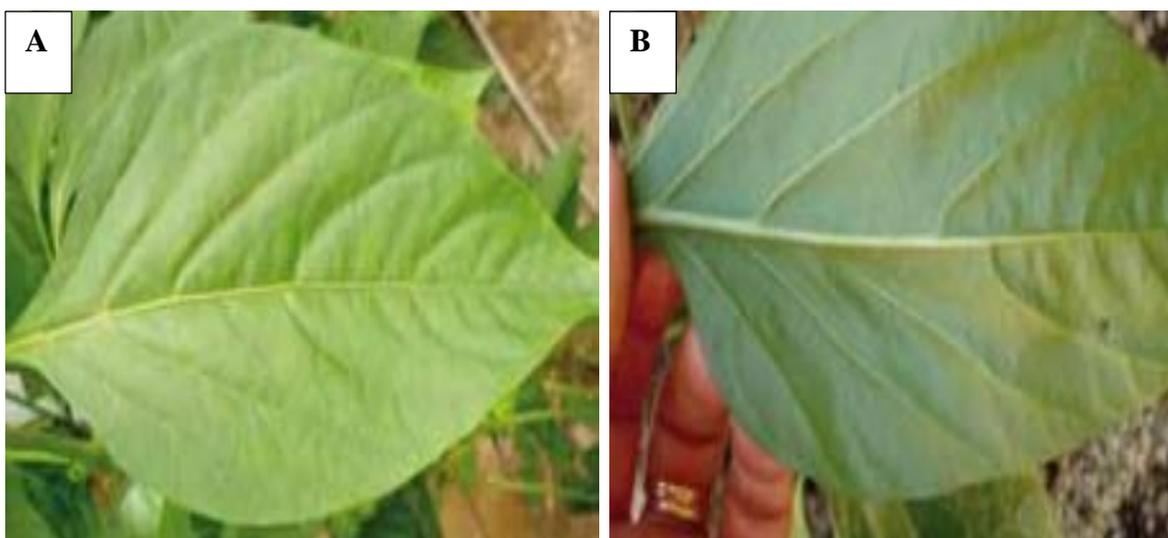


**Figura 4: Tallo del pimiento con brotes laterales y ramificaciones antes de la cruz**

Fuente: Reche (2010)

#### **2.1.4 Hojas**

Las hojas llevan a cabo las funciones de respiración, transpiración y fotosíntesis, en la planta tienen una distribución alternada, tienen un peciolo largo, son simples, de forma ovada o lanceoladas, con punta ahusada y base en forma de cuña (Figura 5). El haz es glabro, liso y suave al tacto (Fornaris, 2005; Reche, 2010).

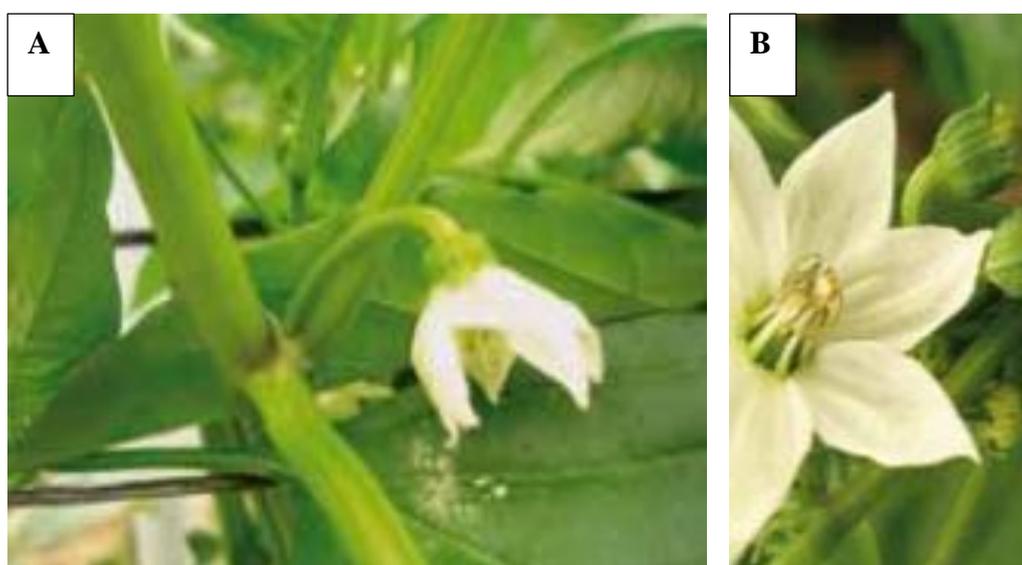


**Figura 5: A) Hoja de pimiento vista por el haz; B) Hoja de pimiento vista por el envés**

Fuente: Reche (2010)

### 2.1.5 Flores

Las flores del pimiento poseen una corola blanquecina, tienen pedúnculo, pétalos (6 a 7), sépalos, son hermafroditas es decir poseen estambre (5) y pistilo (1). Estas se desarrollan a partir de botones florales o ápices terminales y normalmente aparece una flor en la cruz del tallo (origina frutos gruesos), también se sitúan en el ápice de las ramificaciones, en la base de las axilas de las hojas, principalmente en las del tallo principal y en bifurcaciones (Figura 6) (Fornaris, 2005). En las variedades dulces, el estigma es visible desde el exterior y sobresale de las anteras y al ser las flores péndulas, la polinización se da de forma autógena; en cambio en las variedades picantes, los estambres sobresalen al estigma por lo que la polinización es alógama es decir la fecundación se da con la ayuda de insectos o por el viento. Las flores desde su apertura permanecen receptivas por 1 a 3 días, asimismo, el número de flores depende de la temperatura y la luminosidad (Reche, 2010).



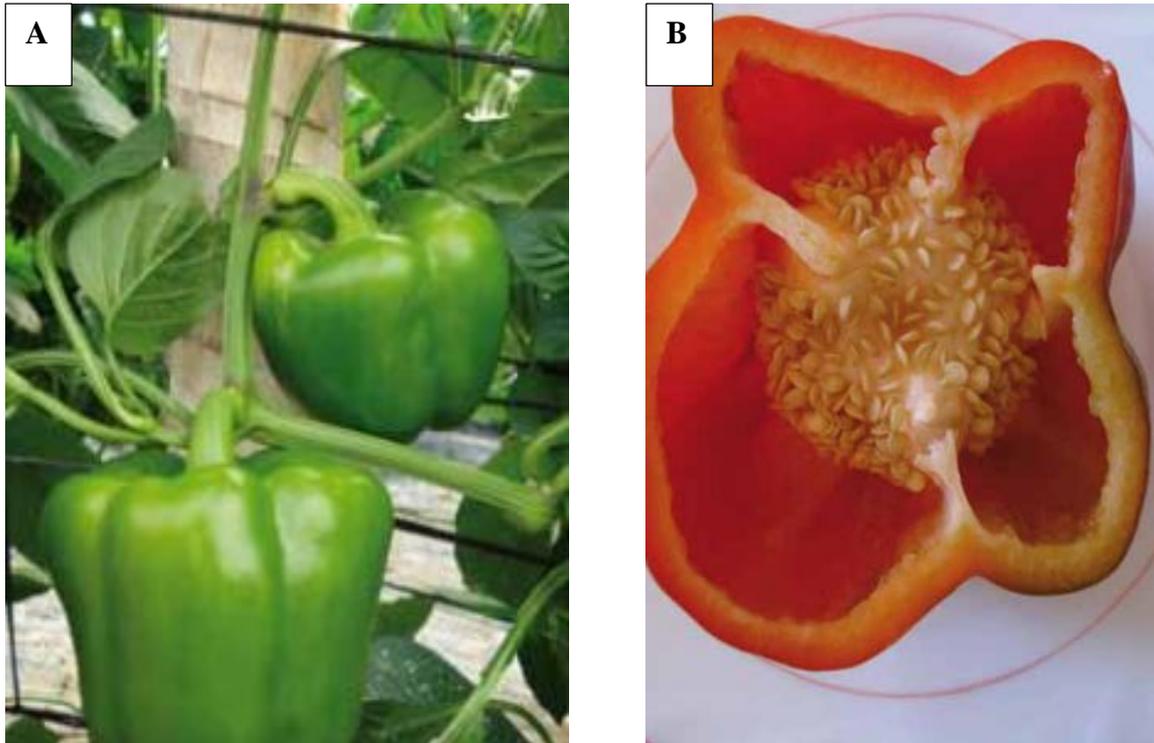
**Figura 6: A) Nacimiento de la flor en un nudo del tallo principal; B) Flor y botones florales de una planta de pimiento**

Fuente: Reche (2010)

### 2.1.6 Frutos

El fruto se desarrolla a partir del ovario fecundado, crece solitario, de forma colgante o pendular, lo cual es una ventaja para protegerse del sol. Al fruto del pimiento también se lo cataloga como una baya hueca, no jugosa, de piel lisa, asurcada, con dos a cinco lóbulos o celdas que se encuentran separadas por paredes internas cruzadas. Su base está formada por el cáliz, el cual está soldado a la piel, una particularidad del fruto es que el pedúnculo (4 a 5 cm de largo) parece prolongarse y penetrar en el interior del fruto (Figura 7A), además,

contiene a la placenta y semillas (Figura 7B). Los frutos presentan diferentes formas como: globosa aplastada, esférica, cónica, cilíndrica, rectangular y cuadrada. El grosor de la carne es mayor en los pimientos dulces, a diferencia de las variedades picantes. El color de la fruta varía, tanto antes como después de madurar, esto también depende de la variedad cultivada. El tamaño del fruto es variable, pudiendo pesar desde pocos gramos hasta 500 gramos.



**Figura 7: A) Inserción del fruto de pimiento en un tallo donde se aprecia los “hombros” y el fuerte pedúnculo; B) Sección transversal de un fruto de pimiento, donde se aprecia los lóbulos y semillas**

Fuente: Reche (2010)

### **2.1.7 Semillas**

Las semillas presentan una coloración amarilla pajizo, son de forma oval aplanada, de superficie lisa, de tamaño pequeño entre 1 mm de grosor y 5.3 mm de diámetro (Figura 8). Las semillas están separadas de la carne, se concentran en la parte más gruesa del fruto, estas están insertadas en una placenta cónica, la cual está unida al pedúnculo que penetra al cáliz del fruto. El número de semillas depende de la polinización y el tamaño del fruto.



**Figura 8: Semilla del pimiento**

Fuente: Reche (2010)

## **2.2 Etapas Fenológicas**

La fenología del cultivo comprende distintas fases, las cuales son:

### **2.2.1 Germinación**

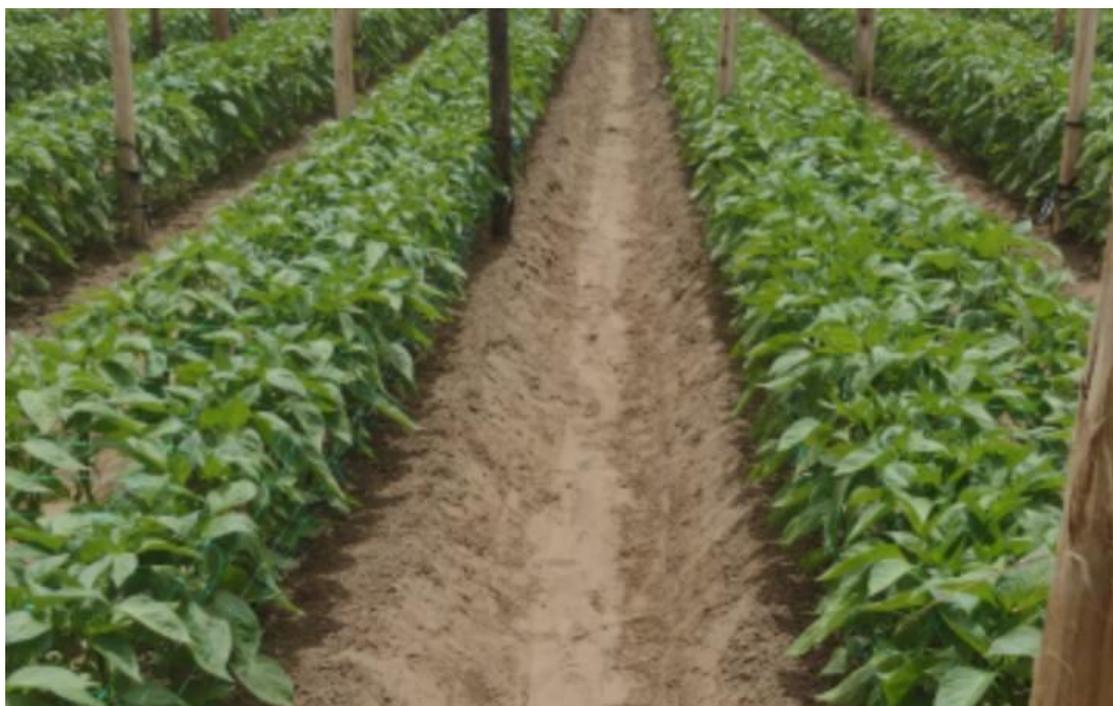
La germinación del pimiento es epigea y lenta (testa y endospermo), la emergencia de la plántula ocurre en un tiempo de 7 a 8 días (Reche, 2010), las temperaturas óptimas para su desarrollo son entre 20 a 30°C, temperaturas mayores a esta inhibe la germinación de la semilla (Pino, 2018b).

### **2.2.2 Crecimiento vegetativo**

La primera etapa de crecimiento es de intensa actividad celular, pues las hojas van apareciendo hasta alcanzar la “cruz” en donde el brote terminal acaba en un botón floral y los nuevos brotes darán lugar a la división dicotómica de los tallos posteriores, que al igual que el tallo principal también terminan en ramificaciones y en un botón floral (Reche, 2010). A los 40-45 días, la planta presenta entre 6 a 8 hojas verdaderas, mide una altura de 12 a 15 cm y el tallo alcanza un diámetro entre 3.5 a 4 mm (Reche, 2010), en este periodo de tiempo el ritmo de crecimiento radicular disminuye, a diferencia del desarrollo foliar y del tallo, los cuales se intensifican alcanzando el máximo tamaño (Orellana et al., 2000). Además, para que haya una tasa adecuada de crecimiento durante el desarrollo de la plántula, se necesita

que la temperatura diurna varíe en un rango de 25 a 27°C y que la temperatura nocturna varíe entre los 18 a 20°C (Pino, 2018b).

En esta etapa vegetativa un factor importante a tomar en cuenta es la longitud de los entrenudos de los tallos secundarios (Pino, 2018), pues cuando estos tienen una mayor longitud hay un mayor número de ramificaciones laterales (Reche, 2010). Asimismo, Pino (2018) menciona que las hojas se mantienen fotosintéticamente activas hasta las fases tardías del crecimiento del fruto (Figura 9), pues este periodo finaliza cuando comienza el desarrollo de los frutos (Berríos et al., 2007).



**Figura 9: Desarrollo vegetativo del cultivo de pimiento en casa malla**

### **2.2.3 Floración**

Esta etapa empieza cuando la planta alcanza las 8 a 12 hojas verdaderas, pues en este periodo la planta presenta las primeras flores, las cuales nacen en la bifurcación del tallo principal, llamado también punto “cruz” (Figura 10) (Pino, 2018b). El cultivo del pimiento tiene la característica de producir abundantes flores terminales, pero también aborta gran cantidad de estas, por ello registra un porcentaje de flores cuajadas entre 8 a 25% (Pino, 2018b; Reche, 2010). Esta fase es considerada como uno de los periodos críticos pues la variación térmica ocasiona desequilibrios vegetativos muy notables; por ejemplo, si las temperaturas se mantienen bajas entre 10 y 15°C, las flores presentan anomalías como pétalos curvados, ovarios múltiples, entre otros (Pressman et al., 1998). En cambio, cuando la temperatura

diurna varía entre 20 a 25 °C y la nocturna varía en un rango de 16 a 18 °C, la flor se desarrolla adecuadamente (Pino, 2018b). En esta etapa la humedad relativa del ambiente debe de ser por debajo del 70%, de lo contrario hay mayor riesgo de que las flores sean atacadas por hongos y bacterias (Reche, 2010).



**Figura 10: Botones florales del pimiento**

#### **2.2.4 Fructificación**

La fructificación del pimiento se da de forma continua, es decir durante la cuaja también hay crecimiento de nuevas flores apicales, en esta etapa el número de frutos cuajados depende de algunos factores como la temperatura, ya que el fruto no cuaja cuando la temperatura es menor a 16 °C o está sobre los 32 °C, incluso hay aborto floral cuando la temperatura nocturna es mayor a los 24°C, siendo la temperatura óptima entre los 16 a 21 °C (Álvarez & Pino, 2018). Otros factores que también intervienen en la cuaja son: el número de frutos ya formados, el número de ramificaciones, el número de días desde el inicio de la floración y el nivel hormonal (concentración de auxinas en el meristemo) (Figura 11) (Orellana et al., 2000).

El tiempo de desarrollo del fruto es entre 35 a 50 días (Reche, 2010). En este periodo hay una acumulación de materia seca en la fruta a un ritmo constante durante todo su desarrollo

(Figura 12) (Pino, 2018b). A este periodo también se le considera como crítico en el cultivo porque es muy susceptible a plagas, enfermedades y a deficiencias de nutrientes (Ca) pues estos afectan a la calidad del producto a cosechar (CATIE, 1993; Orellana et al., 2000).



**Figura 11: Fruto cuajado del pimiento**



**Figura 12: Crecimiento y maduración del fruto del pimiento de forma escalonada**

### 2.2.5 Maduración

A los 110 días después del trasplante (DDT) se obtiene el máximo desarrollo del fruto, a los 120-125 DDT inicia el cambio de coloración en el fruto (Figura 13) (Lucas, 2011). Las temperaturas óptimas para que ocurra el proceso de maduración es entre 26 a 28 °C, pues cuando es menor o mayor a este rango, el cambio de color se retrasa o no toma el color adecuado (Reche, 2010). También se debe de indicar que cuando los frutos empiezan a madurar, se inicia una nueva fase de crecimiento vegetativo y producción de flores, de esta manera los ciclos de producción se traslapan con los ciclos de floración y crecimiento vegetativo (Pino, 2018b). Por ende, la cosecha se da de forma escalonada y permanente (Figura 14) (Berríos et al., 2007).



**Figura 13: Maduración escalonada del fruto del pimiento en planta**



**Figura 14: Cosecha del fruto de pimiento**

## 2.3 Plagas y enfermedades en el pimiento

### 2.3.1 Plagas

Según Sánchez & Vergara (1998) las principales plagas que afectan al cultivo del pimiento son las arañitas rojas (*Tetranychus urticae*), los thrips (*Thrips tabaci*, *Frankliniella occidentalis*), mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*), la mosquilla de los brotes (*Prodiplosis longifila*) entre otros. El daño que ocasionan algunas de estas plagas en el cultivo son las siguientes:

#### a) Arañita roja (*Tetranychus urticae*)

Este ácaro es el más común en los cultivos hortícolas bajo un sistema de invernadero y aparecen generalmente en los primeros estados fenológicos del pimiento; la larva y el adulto causan decoloraciones o manchas de color amarillo sobre las hojas, las cuales se pueden apreciar en el haz, cuando el ataque es muy fuerte el cultivo presente defoliación, las temperaturas altas y la baja humedad relativa favorecen al desarrollo de la plaga (Sánchez & Vergara, 1998).

#### b) Thrips (*Thrips tabaci*, *Frankliniella occidentalis*)

Los thrips se alimentan de la savia, raspando la superficie del tejido e inyectando saliva para succionar el contenido celular, por ello son conocidos como “picadores-chupadores-raspadores” (Sánchez & Vergara, 1998). Estos insectos aparecen principalmente en la etapa de floración y fructificación del cultivo (Larraín et al., 2010), la especie *Frankliniella occidentalis* realiza oviposiciones dentro de los tejidos vegetales como hojas, frutos y flores, en este último órgano se localizan los mayores niveles de población de adultos y larvas (Meister Media Worldwide, 2004). Además, esta especie puede transmitir el virus del bronceado del tomate (TSWV) que afecta al pimiento, tomate, berenjena y judía (Meister Media Worldwide, 2004). Los daños que ocasionan los thrips son los siguientes: dejan un aspecto de mancha plateada en el envés de las hojas, producen deformación en las hojas y frutos (Larraín et al., 2010).

#### c) La mosquilla de los brotes (*Prodiplosis longifila*)

Este insecto afecta principalmente a los brotes de la planta, produciendo un retraso en su crecimiento (Moreno, 2017). Sin embargo, los daños más graves ocurren cuando las larvas infestan los botones florales, ya que estas generalmente producen un raspado en el fruto, el

cual al aumentar de tamaño se transforma en grietas o rajaduras que dan paso al ingreso de otros insectos o enfermedades, como consecuencia reduce el rendimiento del cultivo (Sánchez & Vergara, 1998).

### 2.3.2 Enfermedades

Las principales enfermedades que afectan a las plántulas o semilleros son: *Pythium* sp., *Rhizoctonia solani* y *Botrytis cinerea*. Las enfermedades que atacan al follaje son: *Botrytis cinerea*, *Leveillula taurica* y *Rhizoctonia solani* (Larraín et al., 2010; Obregón, 2016). Los síntomas que ocasionan algunos de estas enfermedades en el cultivo son las siguientes:

#### a) Oidiopsis (*Leveillula taurica*)

Este hongo es un parásito obligado que se desarrolla semi-internamente; es decir afecta el mesófilo de las hojas maduras (generalmente del tercio inferior) del pimiento produciendo un amarillamiento (cloróticas) al haz y manchas pulverulentas en el envés (Figura 15) (Larraín et al., 2010; Obregón, 2016). Cuando la infección es fuerte causa una defoliación, la cual retrasa al desarrollo de la planta, afectando principalmente al rendimiento del cultivo (Obregón, 2016).



**Figura 15: Hoja de pimiento con Oidiopsis (*Leveillula taurica*)**

Fuente: Larraín et al. (2010)

### **b) Moho gris (*Botrytis cinerea*)**

Este hongo afecta a las flores, tallos y hojas de la planta, generalmente prefiere tejidos senescentes o dañados. El daño que produce este patógeno en las flores y hojas son la formación de un moho de color marrón, en los peciolos y tallo con la aparición de lesiones en forma de anillos concéntricos rodeados de esporulación de color marrón y en los frutos la podredumbre es de color blanco grisáceo (Figura 16). Esta enfermedad se desarrolla bajo una humedad relativa alta y temperatura entre 18 a 20 °C (Meister Media Worldwide, 2004; Obregón, 2016).



**Figura 16: Fruto con daño del moho gris (*Botrytis cinerea*)**

## **2.4 Fisiopatías y deficiencias nutricionales del pimiento**

### **2.4.1 Fisiopatía**

#### **a) Golpe de sol o escaldadura del fruto**

Este tipo de alteraciones se da mayormente cuando el cultivo está bajo condiciones de campo, manifestándose en el fruto a través de una necrosis blanquecina en la zona afectada por la incidencia del sol (Zamora, 2016). Este golpe de calor es más severo cuando hay un cambio brusco de condiciones; por ejemplo: cuando los frutos que se han estado desarrollando bajo sombra, luego son expuestos a una radiación solar intensa (Jaramillo, 2005). Otro factor que se debe de tomar en cuenta es que los frutos de color verde son más sensibles a la radiación, en comparación a los de coloración roja (Rabinowitch et al., 1983). Este tipo de daño causa importantes pérdidas en el rendimiento, pues afecta la calidad y cosmética del fruto quedando fuera del mercado (Zamora, 2016).

### **b) Agrietamiento del fruto**

Este tipo de fisiopatía en el pimiento se presenta por aportes irregulares de agua en el riego o altos niveles de humedad durante la maduración del fruto (Jovicich & Cantliffe, 2004; Snyder, 2016), estos factores causan en el ápice del fruto un agrietamiento de forma radial, pero también pueden ocasionar en la cutícula del fruto una ruptura fina (Figura 17) (Jovicich & Cantliffe, 2004; Snyder, 2016). Además, la limitación de la transpiración nocturna en la planta por la alta humedad o por las bajas temperaturas, aumenta el porcentaje de frutos rajados (Aloni et al., 1998, 1999). Sin embargo, se debe de mencionar que los frutos de cutícula gruesa mayor a 8 mm son los que son más susceptibles, a comparación de los que presentan cutícula más delgada (Jovicich & Cantliffe, 2004).



**Figura 17: Fruto agrietado durante la maduración**

### **c) Asfixia de la raíz**

La asfixia de las raíces es una alteración fisiológica que se manifiesta desde las primeras etapas fenológicas del cultivo, la causa principal es la ausencia de oxígeno por un mal drenaje (suelos muy retentivos) o exceso de agua. Se manifiesta con una marchitez general y pudrición de toda la parte inferior de la planta, sin embargo, este daño no siempre se presenta con la misma intensidad, es por ello que en algunos casos la plantas pueden recuperarse, una vez solucionado el problema e induciendo a la producción de nuevas raicillas (Reche, 2010).

#### **d) Crecimiento interno de frutos**

Las temperaturas bajas durante la floración y polinización causan crecimientos irregulares en el fruto observándose estructuras de “alas” y “colas”, probablemente se debe a un desarrollo pobre de la flor o una polinización deficiente, los cuales afectan a la apariencia estética del fruto (Agriculture and Agri-Food Canada, 2016; Zamora, 2016).

#### **e) Frutos partenocárpicos**

Este tipo de fruto está ocasionado por temperaturas nocturnas menores a los 18°C, lo cual genera un decrecimiento en la viabilidad del polen y modifica la estructura floral, haciendo que la autopolinización sea menos efectiva (Jovicich & Cantliffe, 2004).

### **2.4.2 Deficiencia de nutrientes**

#### **a) Deficiencia de calcio o Blossom end Rot (Necrosis Apical, BER)**

La necrosis apical del fruto es producida por una deficiencia de calcio, el síntoma aparece en el extremo opuesto al pedúnculo como una mancha oscura necrótica que con el paso de los días se convierte en una podredumbre (Figura 18) (Reche, 2010). Asimismo, Berríos et al. (2007) mencionan que el fruto es afectado en sus primeras etapas de desarrollo, es decir a los 10 a 15 días después de la cuaja. Este desequilibrio nutricional es ocasionado principalmente por el déficit hídrico en el suelo (estrés), en donde el agua transpirada por la planta y la absorbida por las raíces, no es la suficiente para compensar la transpirada, entonces para equilibrar este desbalance, la planta comienza a extraer agua de la reserva de los frutos, siendo la zona apical la más afectada porque se produce una deshidratación; la cual ocasiona que el calcio en la parte inferior del fruto durante la maduración no esté en las concentraciones requeridas, ya que la movilidad de este elemento en la planta se ve afectada (Agriculture and Agri-Food Canada, 2016; Reche, 2010). También se debe indicar que otro factor que influye en la severidad de la deficiencia del calcio, es la vigorosidad de la planta y la tolerancia de algunas variedades de pimiento bajo condiciones de: escasez hídrica, riego con aguas salinas, temperaturas altas e intensidad luminosa (Berríos et al., 2007; Zamora, 2016).



**Figura 18: Fruto con daño Blossom end Rot o Necrosis Apical**

#### **b) Pepper Spot, Black Spot o Stip**

El síntoma de este desorden fisiológico es la aparición de manchas negras en la pared del fruto, sobre todo en la fase en la cual alcanza un diámetro de 8 cm a más y cuando el fruto madura las manchas se agrandan y cambian a una coloración amarilla o negra. Este desorden nutricional se encuentra asociado al calcio, a excesos de  $\text{NH}^{+4}$  y a las bajas concentraciones de potasio (Berríos et al., 2007). El grado de sensibilidad del fruto va a depender de la variedad, acentuándose los síntomas en condiciones de escasa luminosidad y baja temperatura (Nuez et al., 2003).

#### **c) Deficiencia de nitrógeno**

La deficiencia de este nutriente se ve reflejada en las hojas basales (viejas) de la planta, las cuales no presentan el color verde característico (clorosis), además, la planta manifiesta síntomas como: menor crecimiento y debilitamiento general (Reche, 2010; Silva et al., 2017). Estos síntomas observados se explican porque la planta tiene una alta demanda del nitrógeno a nivel celular para los componentes como: enzimas, aminoácidos y ácidos nucleicos, los cuales son necesarios para la división y multiplicación celular, ya que están relacionados con el crecimiento de la planta (Taiz & Zeiger, 2013). Esta carencia de nitrógeno también ocasiona el aborto floral, que los frutos presenten un color verde claro y que maduren prematuramente (Fernandes & Haag, 1972; Silva et al., 2017).

#### **d) Deficiencia de fósforo**

La deficiencia de este nutriente se aprecia en dirección de las hojas basales hacia las superiores de la planta, en donde se observa una decoloración internerval de color marrón a amarillento, asimismo, en los frutos se observa que hay una disminución en el número de semillas (Reche, 2010). Según Silva et al. (2017) cuando este nutriente no está disponible en la planta se paraliza el crecimiento, se observa entrenudos cortos, enrollamiento de las hojas con el haz para adentro, también ocasiona el amarillamiento de pedúnculos y cálices antes de la severa caída de flores.

#### **e) Deficiencia de potasio**

La deficiencia de este nutriente se refleja con la presencia de una clorosis marginal en las hojas localizadas en el terco inferior (hojas jóvenes) de la planta, luego ocurre una necrosis en el tejido foliar afectado especialmente en el ápice y borde de las hojas (Fernandes & Haag, 1972; Silva et al., 2017). Cuando la ausencia de este nutriente es fuerte, se observa defoliación y enanismo en el cultivo, asimismo, disminuye la resistencia a las enfermedades y calidad de los frutos (Reche, 2010). Esto se debe a que el potasio tiene una actividad catalítica de más de 60 enzimas, entre ellas la enzima ATPasa; además, la ausencia de este elemento genera menor síntesis de proteínas y mayor acumulación de compuestos nitrogenados solubles como la putrescina, la cual causa la necrosis del tejido foliar (Hawkesford et al., 2012; Mengel, 2007).

#### **f) Deficiencia de boro**

La deficiencia de este nutriente aparece en las hojas jóvenes de la planta, manifestándose una coloración amarillenta en el ápice de la hoja, la cual se extiende poco a poco por todo el área de la hoja, cuando hay una fuerte carencia de este elemento se observa necrosis interna de los frutos y poco desarrollo de este (Reche, 2010).

### **2.5 Fertirriego en Hortalizas**

#### **2.5.1 Déficit de Presión de vapor en producción de hortalizas**

El déficit de presión de vapor (DPV) es una forma útil de expresar el flujo de vapor en el sistema, pues un alto DPV incrementa la demanda en la transpiración, influenciando en la transferencia o pérdida de humedad de los tejidos de la planta hacia el aire del invernadero;

mientras que un bajo DPV indica la proximidad a llegar al punto de rocío, la cual puede perjudicar significativamente al desarrollo del cultivo (Prenger & Ling, 2000).

Se recomienda que el DPV esté entre 0.5 a 2 kPa, ya que cuando el déficit de presión de vapor alcanza valores superiores a 2 kPa se genera una transpiración excesiva, provocando que la planta cierre sus estomas para evitar la deshidratación (pérdida de agua excesiva), generando el estrés hídrico a la planta. Si este proceso se da durante periodos cortos, no es un problema para la planta, ya que cuando baja el DPV durante las noches, absorberá suficiente agua como para recuperarse, pero si estos periodos se alargan, si provocan daños irreversibles en la planta como quemaduras (Flores et al., 2007).

Cuando los valores de DPV son inferiores a 0.5 kPa, quiere decir que la atmosfera está saturada y que la planta no puede transpirar, por lo que la fotosíntesis también es afectada (Flores et al., 2007).

### **2.5.2 Sistema radicular del pimiento**

A los Capsicum se les considera hortalizas de raíces moderadamente profundas que alcanzan profundidades entre 90 a 120 cm, cuando las condiciones son favorables; sin embargo, más de la mitad del volumen radicular se desarrolla entre los primeros 5 a 15 cm del suelo (Keng et al., 1979). Según Morita & Toyota (1998) la densidad radicular disminuye después de los 20 cm, mientras que la distribución horizontal de raíces cubre un área pobre. Es por ello que al sistema radicular del pimiento se le considera como poco profundo y muy sensible a las variaciones de humedad, por lo que es importante mantener el manejo del riego para favorecer su desarrollo (Keng et al., 1979). Además, Del Pino (2022) menciona que cuando la planta es trasplantada, el sistema radicular se reduce substancialmente, por lo que su crecimiento es más superficial.

Por otro lado, Erel et al. (2019) y Leskovar et al. (1989) indican que el desarrollo de las raíces del pimiento es rápido en la etapa vegetativa temprana (0-60 días después de siembra), luego sigue un periodo de retraso o crecimiento lento de la raíz durante la etapa de fructificación (60-90 después de siembra) y finalmente hay otro incremento rápido del sistema radicular durante la maduración y cosecha de los frutos (110 -170 días después de siembra).

### 2.5.3 Movimiento del agua en el pimiento

La absorción del agua en la planta empieza en el suelo por medio de los pelos radicales, gracias a la diferencia del potencial hídrico entre el suelo y la raíz, donde el agua tiene un movimiento radial y atraviesa la corteza de la raíz hasta alcanzar al xilema (Génova et al., 2021). Según Enstone et al. (2002); Steudle & Peterson (1998) y Zimmermann et al. (2000) el agua dentro de la planta puede seguir tres vías principales para llegar a los haces vasculares:

- a) El camino apoplástico: que es la vía que ofrece menor resistencia y distribuye el agua a través de las paredes celulares hasta llegar a los haces vasculares.
- b) El camino transcelular: el cual involucra el pasaje de agua a través de la membrana celular plasmática y vacuola (tonoplasto).
- c) El camino simplástico: en el que una vez que se atraviesa la membrana celular, el flujo de agua se distribuye a través de las conexiones intercelulares (plasmodesmo) que conforman una vía continua y selectiva entre los protoplasmas.

A la vía transcelular y simplástico, no se las puede diferenciar metodológicamente por lo que se las conoce en conjunto como vía celular. Sin embargo, se debe indicar que el flujo de agua que se desplaza a través de los apoplastos puede estar limitado por una barrera hidrofóbica que se forma por deposiciones de suberina en la banda de Caspary; como consecuencia, el agua al menos debe de atravesar una membrana para ingresar en la vasculatura; también se puede decir que las membranas desempeñan un rol esencial en el movimiento del agua hacia la raíz. En la vía apoplástica, el gradiente de potencial de presión promueve el movimiento del flujo de agua. Y en la vía celular, la gradiente del potencial hídrico (potencial osmótico y potencial de presión) promueve el movimiento del flujo de agua (Enstone et al., 2002; Steudle, 2000; Steudle & Peterson, 1998; Zimmermann et al., 2000).

El ascenso del agua y sales de las raíces y tallos hacia la parte aérea de la planta se realiza por medio de los tejidos vasculares xilemáticos, cuyas células más especializadas son las traqueidas y los elementos traqueales, que en la madurez mueren, se ahuecan y lignifican, de manera que ofrece un mínimo de resistencia al flujo de la savia bruta (Génova et al., 2021). La fuerza generadora de la diferencia del potencial hídrico para lograr el movimiento ascendente es la transpiración. Además, cuando la transpiración es elevada, la vía que presenta una baja resistencia es la apoplástica a diferencia de la vía celular. Pero cuando la

transpiración disminuye, el flujo del agua se mueve por diferencia de gradiente osmótica a través de las membranas celulares que presentan una elevada resistencia (Steudle, 2000; Steudle & Peterson, 1998).

#### **2.5.4 Movimiento del calcio en el pimiento**

El calcio ingresa a la planta por vía pasiva (por el apoplasto), es decir, por las regiones jóvenes de la raíz, puesto que estas raicillas no están suberizadas (endodermis), al contrario, presentan protoendodermis (Arias, 2018). Una vez dentro, este elemento se mueve principalmente por el haz vascular del xilema, sin embargo, la pared del xilema tiene carga negativa por lo que el  $\text{Ca}^{+2}$  se pega a la pared del xilema (neutralizando la carga) y por acción del agua y de la transpiración el calcio asciende de forma paulatina. El movimiento del calcio a través del xilema es de forma lenta y se da por medio del mecanismo de intercambio catiónico celular (Alarcón et al., 2006).

El calcio absorbido por las raíces es transportado por la corriente de transpiración y se deposita principalmente en las hojas, en donde se va incrementando gradualmente con la edad del cultivo; además, gran parte del calcio se acumula en las vacuolas, el cual puede estar en forma soluble neutralizado por aniones orgánicos (malatos) o inorgánicos (nitratos), o bien precipitado en forma de oxalato o fosfato (Alarcón et al., 1998).

En el fruto el calcio se distribuye primero en el extremo cerca al pedúnculo y disminuye con la distancia, de manera que los tejidos de la parte apical siempre contienen menos concentración de calcio, en comparación a la parte distal del fruto ( Ho et al., 1999; Ho et al., 1993; Marcelis & Ho, 1999).

Es importante de mantener una continua actividad radicular para obtener una adecuada asimilación cálcica. Es por ello que cuando hay factores que impiden el crecimiento de nuevas raíces (falta de aireación, temperatura baja, déficit hídrico, plagas, enfermedades, etc.) puede inducir a la deficiencia del calcio, pues las fisiopatías obedecen a desórdenes abióticos entre ellos los nutricionales en la planta (Alarcón et al., 2006).

## 2.6 Tensiómetro

El tensiómetro mide la fuerza con la cual es retenida el agua en el suelo, este instrumento determina los cambios en el contenido de humedad del suelo (Figura 19) (Goyal & Rivera, 2005).



**Figura 19: Tensiómetros**

### 2.6.1 Importancia

El tensiómetro en la agricultura moderna indica si en el suelo existe suficiente humedad disponible o si hay un déficit hídrico. El registro de estos datos favorece a la toma de decisiones de las aplicaciones eficientes de riego, para que el agua esté en cantidades óptimas cuando la planta lo necesite. Puesto que, en muchas ocasiones se realizan riegos con poco volumen de agua que generan un estrés hídrico en la planta, o también se realizan riegos innecesarios que perjudican al cultivo por abusar en el suministro de agua, ocasionado encharcamiento, asfixia radicular, desarrollo de enfermedades, desperdicio de agua, entre otros (Goyal & Rivera, 2005).

### 2.6.2 Uso y funcionamiento

El tensiómetro registra los cambios que ocurren en el espesor de la capa de agua que rodea las partículas del suelo, las cuales alteran la tensión del agua en este instrumento de medición. Según Gurovich (1985) el tensiómetro se acopla al suelo donde se va a ejecutar la medición de succión, ya que la masa de agua entra en contacto hidráulico y tiende a

equilibrarse con el agua del suelo a través de los poros de la cápsula. Cuando el suelo pierde humedad por evaporación, drenaje o absorción de la planta, el líquido del tubo sale gradualmente por la cápsula porosa, descendiendo el nivel de agua en el interior, generando un vacío el cual es registrado en el vacuómetro (Distrito de Conservación de Recursos del Condado de Monterey, n.d.; Ferreyra et al., 2005). En cambio, cuando el suelo gana humedad como consecuencia de la lluvia o riego, el tensiómetro vuelve a absorber el agua disponible del suelo, lo cual reduce la tensión y en el vacuómetro se ve reflejado con un valor mínimo, que cuando llega a cero, quiere decir que el suelo está a capacidad de campo (Ferreyra et al., 2005).

Es importante indicar que el tensiómetro no considera la succión osmótica del suelo, pues las paredes porosas de la cápsula son permeables al agua y a los solutos (Gurovich, 1985). Además, cada cierto tiempo se debe renovar el agua del tensiómetro y sustituirla con agua destilada nueva (Distrito de Conservación de Recursos del Condado de Monterey, n.d.).

### **2.6.3 Calibración**

El tensiómetro, antes de ser instalado en el campo, se debe de sumergir en agua limpia por un tiempo de dos a tres días; luego de que el sistema esté completamente lleno se debe succionar el aire de la copa de cerámica y del tubo plástico haciendo uso de la bomba de vacío manual, después se coloca la tapa hasta que el tapón de neopreno haga contacto con la parte de abajo del compartimiento de reserva (Goyal & Rivera, 2005).

### **2.6.4 Interpretación de lectura**

Según Villablanca et al. (2015), las lecturas deben realizarse en forma diaria y antes del riego (Figura 20), pero también se recomienda evaluar durante el periodo de mayor consumo de cultivo, es decir, a partir de mediodía para fines comparativos. En la Tabla 5, se puede ver una guía para realizar una adecuada interpretación de los centibares (cb).

**Tabla 5: Guía para la interpretación de los centibares (cb) del vacuómetro**

<b>Rango de centibares (cb)</b>	<b>Interpretación</b>
0 a 10	Indican suelo con agua libre llegando a cero o saturado.
10 a 20	Humedad a disposición de la planta con un esfuerzo mínimo
30 a 60	Rango de inicio de riego de acuerdo a la textura predominante del suelo
>70	La planta está padeciendo estrés y se acerca al punto de marchitamiento



**Figura 20: Vacuómetro del tensiómetro**

## **2.7 Producción de semillas híbridas de hortalizas**

El uso de semillas híbridas en la horticultura tiene importancia en algunas especies como: crucíferas, cucurbitáceas, cebolla, tomate y pimiento (Gaviola, 2020). Este tipo de semillas tiene un alto costo de producción y un gran valor económico, debido a que adquieren las mejores características de sus progenitores; además, tienen un comportamiento superior ante

los problemas que se presentan en la producción del cultivo, lo cual representa una ventaja comercial (Batres, 2015; Gaviola, 2020).

Los híbridos en las especies dicotiledóneas incorporan caracteres cualitativos, gobernados por uno o dos genes, se obtienen mediante el cruzamiento de la primera línea (F1), estos híbridos pueden ser simples, de tres vías o dobles. El mayor vigor híbrido y homogeneidad se logra con los primeros; es decir, el cruzamiento de dos líneas con alto grado de homocigosis; sin embargo, a veces se recurre a cruzamientos intermedios entre las líneas, para producir los híbridos dobles y de tres vías (Gaviola, 2020).

El cruzamiento entre las líneas padres se puede realizar de forma manual o con polinizadores, para esta última técnica es necesario tener líneas androestériles, plantas dioicas o líneas incompatibles. Sin embargo, el cruzamiento manual es todavía muy utilizado en cucurbitáceas, tomate y pimiento, es por ello que estas semillas tienen un mayor precio por unidad en el mercado (Gaviola, 2020).

### **2.7.1 Importancia en el Perú**

En el Perú la agricultura a pequeña escala está localizada mayormente en la zona andina, donde los cultivos son afectados generalmente por las lluvias, plagas, sequías y heladas. Por otro parte, en la región costera del país se presenta una explotación intensiva de la agricultura (Lapeña, 2012). Sin embargo, el uso de semilla certificada en el país es baja, cerca del 90% de las semillas que se usan provienen de sistemas informales, los cuales son sostenidos por pequeños agricultores del sistema de agricultura familiar que resguardan la diversidad genética del germoplasma en el país (Arena et al., 2015). Asimismo, se debe mencionar que en los últimos años la producción de semillas certificadas en el país se ha incrementado en un 8%, siendo las semillas de tomate y cucurbitáceas las que presentan un mayor precio. Es por ello que se debe promover el uso de semilla de calidad, capacitar a los agricultores en producción, manejo y comercialización de semillas (Arena et al., 2015).

### **2.7.2 Semillas híbridas de pimiento**

La obtención de la semilla híbrida del pimiento se realiza mayormente a través de la emasculación de las líneas madres, con posterior polinización manual con el polen recolectado de las líneas padres. Sin embargo, se busca abaratar costos de producción usando la esterilidad masculina genética o la esterilidad genética-citoplasmática (Gaviola, 2020).

Las técnicas más utilizadas para obtener semillas híbridas en el pimiento son los siguientes:

#### **a) Polinización por cruzamiento artificial**

Esta técnica es relativamente fácil en especies que tiene los órganos florales grandes, pero en el caso del pimiento presenta un poco más de dificultad porque las estructuras florales son pequeñas. Para realizar el cruzamiento artificial, primero se debe remover las anteras antes de que el polen madure y se disemine, dejando solo al estigma de la flor, el cual será polinizado de forma manual con el polen viable colectado de los progenitores masculinos seleccionados.

#### **b) Uso de machos estériles**

Este método es muy parecido a la polinización por cruzamiento artificial, con la diferencia que se usan plantas machos estériles que en realidad son hembras, pues solo el estigma no se encuentra atrofiado, no habiendo necesidad de remover a las anteras para realizar la polinización manual cruzada.

### **2.7.3 Producción de semillas híbridas en casa malla**

La producción de semillas híbridas de pimiento se realiza bajo una estructura de casa malla, debe de contar con un sistema de riego, un área de salida y entrada para el personal y un área para las plantas. Asimismo, se debe indicar que los clientes envían las semillas básicas iniciales, con las que se va a dar inicio al proceso para la obtención de semillas híbridas.

#### **a) Pregerminado**

El tratamiento de pregerminado consiste en sumergir a las semillas en agua o soluciones osmóticas durante 48 horas (Heydecker et al., 1973; Núñez et al., 2019) a una temperatura cálida de 26 °C; luego estas semillas son colocadas en un táper de plástico sobre papel toalla previamente humedecida con agua (Figura 21). Esto permite que las semillas alcancen el nivel de humedad requerido y el estado metabólico deseado, activándose varios procesos bioquímicos-fisiológicos relacionados con el proceso de germinación, por consiguiente hay una mejor sincronización en la emergencia de plántulas (Bailly et al., 2000).



**Figura 21: Pregerminado de semillas de pimiento en una cámara húmeda**

### **b) Almacigo**

Cuando la plántula ya ha emergido en su totalidad hace uso de sus hojas cotiledonales para captar la luz y realizar la fotosíntesis, a los 18 días de emergencia, las hojas verdaderas están completamente desarrolladas (Figura 22). A los 40-45 días, la planta ya está lista para el trasplante, pues cuenta con 6 a 8 hojas verdaderas, mide una altura de 12 a 15 cm y el diámetro del tallo es entre 3.5 a 4 mm (Reche, 2010).



**Figura 22: Almacigo de plántulas de pimiento**

### c) Trasplante

El trasplante se lleva a cabo, después de los 40-50 días post germinación, cuando la planta tiene una altura de 12 a 15 cm y de 8 a 10 hojas verdaderas (Figura 23) (Reche, 2010). Esta labor se puede llevar a cabo de forma manual o mecánica, bajo condiciones de campo se hace uso de una trasplantadora de alimentación manual, este equipo es atendido por uno o dos obreros por línea (Di Fabio et al., 1996). En cambio, bajo condiciones de casa malla este trasplante es más personalizado porque esta labor es realizada por una cuadrilla de trabajadores.

Se debe de indicar que días antes de realizar el trasplante se realiza un riego de machaco para uniformizar la humedad en el suelo y este se encuentre a capacidad de campo al momento del trasplante de los plantines.



**Figura 23: Trasplante de las plántulas de pimiento a suelo firme**

### d) Hibridación

Esta fase se da a los 60 días post trasplante, en este periodo las plantas ya han conseguido una arquitectura vegetativa bien constituida, un buen desarrollo radicular y un gran número de estructuras florales. Se removerá o castrará el órgano reproductor masculino para ser polinizado manualmente con polen viable colectado de los progenitores masculinos

seleccionados, para conseguir semillas híbridas. Esta labor dura entre 2 a 3 semanas, además las flores que son polinizadas manualmente durante un día, son marcadas con un color de cinta específico para conocer la fecha de polinización (Figura 24).



**Figura 24: Frutos diferenciados con un color de cinta que indican el día en el cual fueron polinizados de forma manual**

#### **e) Crecimiento y maduración de frutos**

El periodo de crecimiento de fruto comienza desde los 80 hasta los 125 días después de trasplante, es decir, dura entre 30 a 45 días, luego sigue el periodo de maduración de frutos en donde paralelamente también se realiza la labor de cosecha (Figura 25). Durante el crecimiento y maduración de fruto se debe revisar la temperatura, humedad del suelo, luminosidad y el número de frutos cuajados por planta (8 frutos/planta), pues estos factores influyen directamente en el crecimiento, coloración y maduración del fruto y semilla.



**Figura 25: Maduración de frutos de pimiento de forma escalonada**

#### **f) Cosecha de frutos**

Para determinar el momento de cosecha de los frutos se realiza evaluaciones cualitativas de coloración de frutos. La madurez hortícola del fruto muchas veces no coincide con la madurez fisiológica de la semilla, es por ello que a partir de los 30 días después de la polinización de la flor, se colecta al azar un determinado número de frutos para abrirlos y observar la calidad de la semilla (Figura 26).



**Figura 26: Madurez fisiológica de la semilla del pimiento**

### **III. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL**

#### **3.1 Características de Cañete**

##### **3.1.1 Ubicación geográfica**

La provincia de Cañete está ubicada al sur de Lima, sus límites son: al norte, con el distrito de San Luis; al sur, con la provincia de Chincha; al este, con el distrito de Lunahuaná y el distrito Imperial; al oeste, con el Océano Pacífico. Abarca una extensión territorial de 5,622.78 Km<sup>2</sup>, el cual corresponde al 13.1% de la superficie del departamento de Lima.

##### **3.1.2 Datos meteorológicos**

La provincia de Cañete tiene un clima seco, los veranos son calurosos, húmedos, áridos y nublados y los inviernos son largos, secos y generalmente despejados. Durante el transcurso del año, la temperatura varía entre 17 a 27 °C (SENAMHI, 2021), sin embargo, como esta región yace sobre dos regiones geográficas, Costa o Chala (0 – 500 m.s.n.m.) en sus valles y Yunga (500 – 2500 m.s.n.m.) en sus quebradas, el clima varía de acuerdo a la ubicación. En invierno la humedad relativa es alta, pues la humedad media anual es del 65%.

#### **3.2 Descripción de funciones y organización del equipo fertirriego**

El equipo del “Departamento de Fertirriego” en primer lugar está constituido por el jefe de fertirriego cuya función es analizar, planificar y supervisar los temas relacionados con la logística, presupuesto, recursos humanos, materiales, plan de fertilización y todo lo involucrado a las operaciones de fertirriego en coordinación con el sub gerente y asistente. En segundo lugar, tenemos al asistente de fertirriego, quien está encargado de evaluar y monitorear las variedades en campo según la etapa fenológica del cultivo, el parámetro de producción y otras características particulares de cada variedad. Esta persona también está encargada de realizar las programaciones de riego por variedad durante la evaluación de campo, por ello debe registrar y tener en cuenta los parámetros de riego en campo como: conductividad eléctrica, pH y tensiones; además, tiene que supervisar las funciones del

responsable del fertirriego. La persona responsable del fertirriego está encargado de generar los turnos de riego basándose en la programación de riego emitida por el asistente de fertirriego, asimismo, el responsable del fertirriego debe de supervisar al personal operario, pues de esta forma se vela la correcta ejecución de la programación y turnos de riego, los cuales son declarados un día antes hacia los departamentos involucrados, pues dentro de cada módulo o casa malla se puede encontrar diferentes etapas fenológicas, las cuales demandan un requerimiento hídrico diferente, en donde se da prioridad a las variedades que se encuentran en floración y desarrollo de fruto, a diferencia de aquellas variedades que se encuentran en desarrollo vegetativo y maduración.

También se debe indicar que el “Departamento de Fertirriego” está en constante coordinación con el “Departamento de Hibridación”, este último departamento está encargado de pautar el inicio y el final de la etapa de hibridación, así como de las podas de formación y los raleos. El “Departamento de Manejo de Cultivo” es responsable de realizar el trasplante, encamado y desmalezado, el equipo encargado de realizar el trasplante debe de avisar al “Departamento de fertirriego” cuando los plantines del almácigo no tienen un buen desarrollo radicular, para que esté adicione ácidos húmicos y enraizante a la solución de fertirriego. Por otro lado, el “Departamento de Sanidad” está encargado principalmente de realizar las aplicaciones sanitarias de productos químicos y biológicos, pero también realiza las aplicaciones foliares nutricionales de Calcio y Boro en la etapa fenológica de hibridación. Y por último, el “Departamento de Información” cuya función es subir al sistema los parámetros de riego (C.E., pH, tensiones) de los equipos en campo (tensiómetros), así como de las muestras tomadas de la solución fertirriego, también registran los datos meteorológicos relevantes para el fertirriego como: precipitación, evapotranspiración, temperatura, presión de vapor y radiación.

### **3.3 Antecedentes en el manejo agronómico**

El manejo de riego en el cultivo del pimiento generalmente se realiza mediante el uso del riego deficitario controlado en las diferentes etapas fenológicas, según Pire & Colmenare (1994) la traslocación de nutrientes hacia los frutos disminuye a medida que aumenta el déficit hídrico. Goldberg et al. (1976) afirmaron que una cantidad limitada de agua en la primera etapa vegetativa de la planta genera un mejor crecimiento y una tasa fotosintética más eficiente. Del mismo modo, Abdelkhalik et al. (2019) indica que una disminución en el

volumen de agua de riego durante la etapa de desarrollo vegetativo no afecta en el rendimiento final, también observó que el exceso de riego después del trasplante provoca aborto de flores en el cultivo. Asimismo, Dalmaso (2016) menciona que la etapa crítica del pimiento es al inicio de la etapa de floración. Joya (2022) para el cultivo del pimiento bajo condiciones de Perú desarrolló un programa de fertirriego haciendo uso del riego deficitario controlado de la siguiente manera:

- **Etapa de desarrollo vegetativo post trasplante (0-30 días después de trasplante):** en esta etapa la frecuencia del fertirriego se ejecutó cuando el tensiómetro de 15 cm de profundidad alcanzó un valor de 50 cb hasta bajarlo a 10 cb. El objetivo del estrés hídrico controlado es que la planta utilice sus reservas energéticas y logre desarrollar una mayor área radicular (raíces secundarias funcionales) de este modo pueda disponer de un mayor volumen de agua.

- **Etapa de desarrollo vegetativo pre hibridación (30-60 días después de trasplante):** dos semanas antes del inicio de hibridación, las frecuencias de fertirriego deben acortarse, pues la lectura del tensiómetro debe de mantenerse en 20 cb para que la planta consiga una arquitectura bien constituida, pues esta debe tener una altura entre 60 a 70 cm, entrenudos medianos, buen desarrollo radicular tanto longitudinal como un buen número de botones florales para iniciar la hibridación manual de flores.

- **Etapa de floración y cuajado de frutos (60-86 días después de trasplante):** en esta etapa no se hace uso del riego deficitario controlado porque podría tener consecuencias negativas como necrosis apical en frutos o deshidratación, los cuales podrían perjudicar en la producción de semillas híbridas. Es por ello, que se procura que la frecuencia de fertirriegos sea constante para mantener la lectura del tensiómetro en un rango de 10 a 12 cb, pues el requerimiento hídrico y nutricional en esta etapa es alta debido a que la evapotranspiración generada es mayor a comparación de la etapa vegetativa.

- **Etapa de desarrollo de fruto (86-110 días después de trasplante):** en esta etapa tampoco se hace uso del riego deficitario controlado, pues se procura que la lectura del tensiómetro se mantenga en un rango de 10 cb durante el periodo de hibridación manual y en 20 cb cuando se está próximo a cosecha.

**- Etapa de maduración (111-140 días después de trasplante):** en esta etapa no se hace uso del riego deficitario controlado, pues es importante mantener al fruto turgente y con buena apariencia para su comercialización; es por ello, que se trata de mantener la lectura del tensiómetro entre 20 a 30 cb.

Basándonos en lo descrito por los distintos autores citados, se podría decir que el uso del riego deficitario controlado en la etapa vegetativa después del trasplante es beneficioso para la planta porque puede desarrollar una mayor área radicular y un crecimiento aéreo más balanceado. Sin embargo, se ha observado que el estrés hídrico puede afectar de forma negativa el crecimiento y rendimiento del cultivo, pues según Pedrol et al. (2000) y Turner & Begg (1981) el pimiento es una planta que presenta raíces poco profundas, con baja capacidad de regeneración, por ende, es un cultivo sensible al exceso o falta de agua, entonces un déficit hídrico durante la etapa fenológica de desarrollo vegetativo y crecimiento de fruto produce una serie de alteraciones en los mecanismos morfológicos de la planta como: reducción del área foliar, menor crecimiento de raíces, alteración en la relación de raíz/brotes, en el llenado de semillas, entre otros, los cuales van a repercutir en el rendimiento final del producto comercial, puesto que cuando hay un déficit hídrico durante el periodo de crecimiento fruto se genera la deficiencia del  $\text{Ca}^{+2}$  en la parte apical del fruto conocida también como Blossom end Rot, esta fisiopatía nutricional causa pérdidas en la producción de semillas híbridas. El presente trabajo propone un programa de fertirriego diferente en la primera etapa vegetativa, en donde se busca el máximo desarrollo radicular. En las posteriores etapas fenológicas del cultivo, que demandan un mayor volumen de agua y nutrientes, como es el periodo de cuaja y crecimiento de fruto, no se generen problemas de deshidratación, ni de deficiencia de nutrientes, pues en estas etapas el fruto es muy susceptible al déficit hídrico y a la carencia de calcio (Blossom end Rot o necrosis apical).

### 3.4 Manejo de información

#### 3.4.1 Análisis de nutrición del agua de riego

En la Tabla 6 se puede observar el análisis de nutrición del agua con el que se riega al cultivo de pimiento durante toda la campaña.

**Tabla 6: Análisis de nutrición del agua de riego**

Fuentes de nutrientes	Unidades de nutrientes (Meq/Lt)							
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Agua del reservorio	0.76	0.26	2.53	1.13	1.15	1.08	0.03	0.54
Plan 2023	5.78	2.58	0.00	0.00	1.78	0.15	5.93	1.50
Solución nutritiva	6.54	2.83	2.53	1.13	2.93	1.23	5.96	2.04

#### 3.4.2 Monitoreo de tensiómetros

La frecuencia de riegos en el cultivo de pimiento se monitorea con las evaluaciones o lecturas de los tensiómetros. Los registros se toman de forma diaria en el horario de la mañana y al medio día, dichos datos se suben al momento a una tabla Excel que maneja la empresa para generar una gráfica que ayude con la lectura de estos datos registrados (Figura 27).

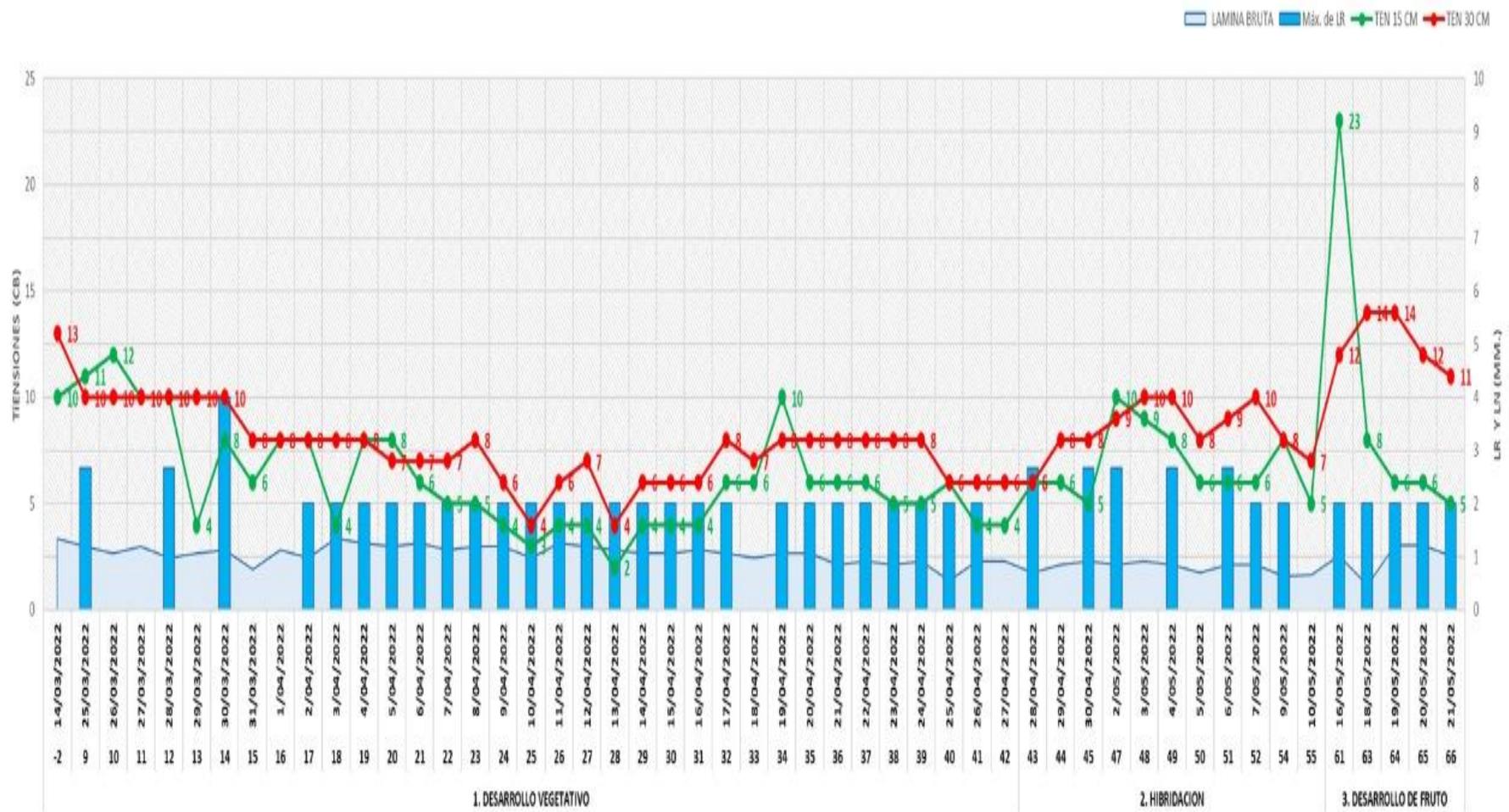


Figura 27: Frecuencia de riego vs tensiones

Los tensiómetros se ubican entre planta y planta y al costado de la cinta de fertirriego, ya que este cultivo se siembra generalmente en camellones de doble hilera (Figura 28). Asimismo, se debe de indicar que el número de tensiómetros por casa malla es entre 2 a 3; sin embargo, este número puede variar, pues cada variedad de pimiento tiene un requerimiento hídrico específico; por ejemplo: las variedades de verano también conocidas como Blocky demandan más agua por fruto, a diferencia de los pimientos JV los cuales presentan un fruto más pequeño y exigen menos volumen agua para su desarrollo.

Cabe mencionar que los tensiómetros antes de instalarse deben ser calibrados para evitar una lectura errónea.



**Figura 28: Ubicación del tensiómetro en las camas de las variedades de pimiento**

### 3.4.3 Recolección e interpretación de información del cultivo

El cultivo del pimiento tiene etapas fenológicas importantes, las cuales son consideradas como críticas para la producción de semillas híbridas, estas etapas son:

**a) Desarrollo vegetativo:** en esta etapa se realizan evaluaciones cualitativas en donde se observa las características fenológicas de la planta. El déficit hídrico se manifiesta mediante una marchitez foliar, un amarillamiento de hojas, un menor crecimiento, etc.

**b) Pre hibridación:** esta etapa comprende dos semanas antes de entrar a la hibridación, la planta debe de tener una buena estructura vegetativa y una alta cantidad de botones florales. Reducir el volumen de agua durante esta etapa promueve una planta más generativa en cuanto a botones florales.

**c) Inicio de hibridación:** en esta etapa se realiza la emasculación, que es la remoción de los órganos reproductores masculinos, dejando solo el órgano femenino, el cual se poliniza de forma manual con el polen viable colectado del progenitor. Se realiza una evaluación cuantitativa, la cual consiste en realizar un conteo del número de flores emasculadas por cama y día. Si el promedio está entre 1 a 1.2 flores emasculadas/planta, es aceptable, pero si este promedio está por debajo de las 0.5 flores emasculadas/planta, se debe de reducir al volumen de riego por un periodo de tres días para que la planta pueda expresar este estrés hídrico con un mayor número de flores.

**d) Cierre de hibridación:** Durante la primera semana se consiguen un 70 u 80% de flores emasculadas y cuajadas, el porcentaje restante se completa en la segunda semana, caso contrario el cierre de esta etapa se extiende hasta la tercera semana.

Durante las etapas fenológicas se mantiene una solución fertirriego con dos importantes parámetros:

- **Conductividad eléctrica:** durante toda la etapa fenológica se debe de mantener entre 1.8 a 2 dS/m para que el rendimiento del fruto no sea afectado.
- **pH de la Solución Fertirriego:** debe de mantenerse en un rango de 5.5 a 6.5 (ligeramente ácida) para que las plantas puedan asimilar todos nutrientes.

### 3.4.4 Interpretación de la estación meteorológica

#### a) Bajo casa malla

Los factores que se deben de tomar en cuenta son los siguientes:

- **Evapotranspiración:** este parámetro mide el agua evaporada del suelo y la transpirada por la planta, pero en el caso del riego localizado la transpiración del cultivo es mayor, debido a que el suelo seco se calienta más que un suelo húmedo y ello provoca un aumento de temperatura en el follaje (Salas & Urrestarazu, 2008). Desde el punto de vista de la programación de riego, la evapotranspiración es primordial para saber la frecuencia de riegos y el volumen de agua a reponer (Allen, 2006). Por ello es importante determinar la evapotranspiración para cada cultivo, según la ubicación de la zona en la que se encuentre.
- **Presión de saturación de vapor:** este parámetro determina la tasa de transpiración, pues un muy bajo o alto déficit de presión de vapor, se traduce en un bajo o alto flujo de savia en el tallo, respectivamente, lo cual afecta a la absorción y traslocación de nutrientes (Díaz et al., 2007; Lara, 1999; Suzuki et al., 2015).
- **Temperatura:** este factor influye en el crecimiento y desarrollo de la planta, pues esta influye en la absorción de agua y nutrientes durante las diferentes etapas fenológicas del cultivo (Tabla 7).

**Tabla 7: Temperaturas óptimas para el cultivo de pimiento en las distintas fases de desarrollo**

Fases del cultivo	Temperatura óptima (°C)
Germinación	20-25
Crecimiento vegetativo	20-25 (día)/16-18 (noche)
Floración y fructificación	26-28 (día)/18-20 (noche)

Fuente: Berríos et al. (2007)

- **Humedad relativa:** este parámetro mide la humedad del aire de, pues el pimiento en la etapa de floración y cuajado de frutos exige un 50 a 70% (Zapata et al., 1992). Además, se debe de indicar que este cultivo es sensible a las condiciones de baja humedad, pues esta genera una excesiva transpiración, la cual genera caída de flores y de los frutos recién cuajados (Nuez et al., 2003); mientras que las altas concentraciones pueden favorecer el desarrollo de enfermedades foliares, dificultando la fecundación (Berríos et al., 2007).

- **Luminosidad:** este factor también influencia en el crecimiento de vegetativo, en la floración y fructificación del cultivo. Una baja luminosidad produce una caída de flores (Valle, 2010); a diferencia de una luminosidad alta, la cual puede producir partiduras de frutas, golpes de sol y coloración irregular en la madurez (Berríos et al., 2007).

#### **b) Fuera de la casa malla**

Los datos meteorológicos que se registran y se toman en cuenta como referencia fuera de la casa malla son la temperatura y humedad relativa.

### **3.5 Pudrición apical del fruto o Blossom end Rot**

El blossom end rot o necrosis apical de fruto es una deficiencia común en el cultivo de pimiento, esta fisiopatía nutricional se refleja en la epidermis del fruto mediante una lesión, la cual al inicio tiene una coloración oscura, pero con el transcurso de los días se va tornando a una coloración más oscura debido a que las células apicales del fruto van colapsando; sin embargo, hay algunas variedades que expresan este daño apical con una coloración blanquecina. La causa principal de este desequilibrio nutricional se relaciona con la carencia de calcio en la región apical del fruto, puede ocurrir a pesar de tener altos niveles de  $\text{Ca}^{+2}$  en el suelo y con una fertilización adecuada. El calcio se mueve dentro de la planta por diferencia de presión, concentrándose principalmente en las hojas debido a que este órgano de la planta concentra un mayor número de estomas a diferencia del fruto, por este motivo la presencia de este macronutriente en el fruto está en menor concentración. Es por eso que el déficit hídrico, acumulación de sales en el suelo, desbalance de cationes en el fertirriego, entre otros, son factores que pueden interferir e interrumpir con el flujo normal de calcio en el fruto, ocasionando la deficiencia de este elemento.

Por otro lado, se debe de mencionar que el estrés hídrico se genera cuando el agua transpirada de la planta es mayor a la absorbida por las raíces, entonces la planta para compensar este

desabastecimiento hídrico, extrae el agua de las células de los diferentes órganos de la planta, siendo la parte apical del fruto la más afectada, pues esta pierde no solo agua sino también  $\text{Ca}^{+2}$  (Agriculture and Agri-Food Canada, 2016; Reche, 2010). Se debe de indicar que el calcio ingresa a la planta por vía pasiva, se moviliza dentro de la planta por los haces vasculares; sin embargo, la carga de este catión es neutralizado, pegándose a la pared del xilema y siendo trasladado por acción del agua y por la gradiente de concentración de gases, siendo su movilización de forma paulatina y lenta hacia los diferentes órganos de la planta (Alarcón et al., 2006). Este macronutriente se almacena principalmente en las hojas, acumulándose en las vacuolas de forma soluble, la cual es neutralizada por aniones orgánicos o precipitada en forma de oxalato o fosfato. En cambio, en el fruto este elemento se distribuye primero en el extremo cerca al pedúnculo y disminuye con la distancia, de manera que los tejidos de la parte apical siempre presentan una menor concentración de calcio ( Ho et al., 1999; Marcelis & Ho, 1999). Esta deficiencia de  $\text{Ca}^{+2}$  se agrava cuando hay un déficit hídrico, pues la movilidad de este elemento se ve afectada y los síntomas de esta fisiopatía se observan en la etapa de desarrollo y maduración de fruto. Es por ello, que se debe mantener una continua actividad radicular en la planta para obtener una adecuada asimilación cálcica, también se debe de mantener una óptima humedad en suelo según el requerimiento de cada etapa fenológica, en especial durante los periodos críticos de hibridación de flores y maduración del fruto.

### **3.5.1 Factores externos del fruto**

Algunos factores externos que se deben de tener en cuenta durante los estados fenológicos considerados como críticos para el desarrollo de la pudrición apical del fruto en el pimiento son los siguientes:

#### **a) Déficit de presión de vapor**

El déficit de presión de vapor (DPV) es una forma útil de expresar el flujo de vapor dentro del invernadero (Tabla 8).

**Tabla 8: Rango de kPa en el déficit de presión de vapor y su interpretación**

<b>Rango de kPa</b>	<b>Interpretación</b>
0.5 a 2 kPa	Indica que hay intercambio de gases entre el ambiente del invernadero y la planta.
> 2 kPa	Indica que la humedad relativa del aire del ambiente está seco, como consecuencia la planta empieza a transpirar de forma excesiva al inicio, luego como una medida de protección para que los diferentes órganos de la planta no sigan perdiendo agua, cierran sus estomas, lo cual genera un estrés hídrico porque no hay una gradiente de concentración de gases para que las raíces extraigan agua del suelo.
< 0.5 kPa	Indica que la humedad relativa del aire del ambiente está saturada, casi llegando al punto de rocío, por lo que no se genera una diferencia de presiones para que las raíces de la planta absorban agua del suelo.

Fuente: Flores et al. (2007)

### **b) Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica mide la concentración de sales solubles presentes en la solución suelo, por ello se le considera como otro factor que también afecta al rendimiento del cultivo, en especial a la primera etapa vegetativa y al crecimiento-maduración del fruto. El pimiento tolera como máximo un rango entre 1.5 a 2 dS/m, sin que haya una disminución en el rendimiento del producto final (Berríos et al., 2007). Sin embargo, cuando el valor de la conductividad eléctrica se eleva por diferentes motivos, esta tiene un impacto negativo en las plantas, siendo el principal efecto de tipo osmótico, pues la alta concentración de sales en la solución suelo genera que haya un mayor esfuerzo y gasto energético de las raíces por absorber el agua disponible del suelo, creando un efecto similar al producido por el estrés

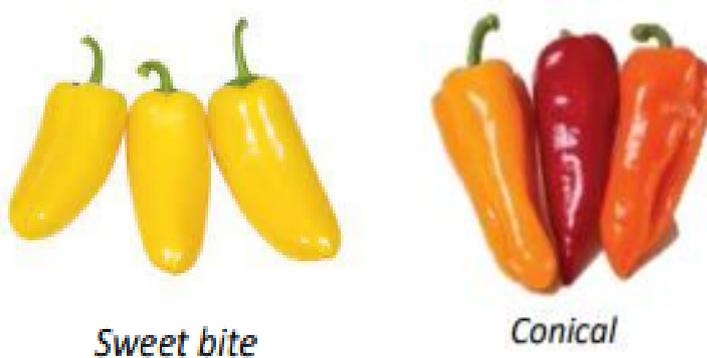
hídrico, en el cual se reduce la tasa fotosintética y se incrementa la respiración de la planta (ATP), como consecuencia hay disminución en el crecimiento y la división celular y por ende una reducción en la producción.

### 3.5.2 Factores internos del fruto

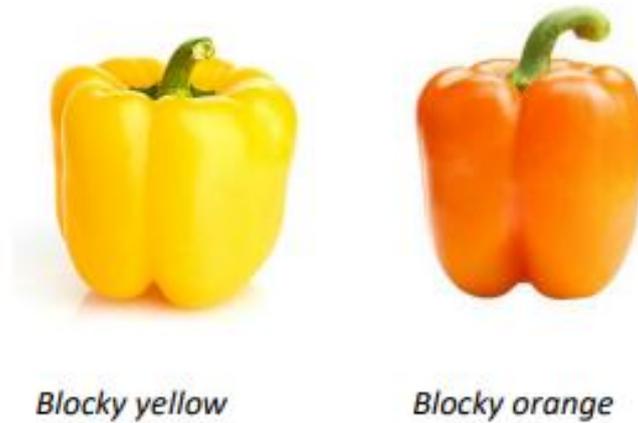
Dentro de las variedades de pimiento hay algunas que son más tolerantes al estrés hídrico, esto se traduce con el grado de daño de la pudrición apical del fruto. Por ello, que se debe indicar que las variedades que tienen una mayor susceptibilidad a esta deficiencia nutricional son las que presentan frutos grandes, a diferencia de las variedades que presentan un fruto más pequeño (Figura 29 y 30). Asimismo, se debe de mencionar que los pimientos de color amarillo y naranja son más susceptibles a esta fisiopatía, a comparación de los frutos que presentan una coloración verde y rojo, los cuales son más resistentes (Figura 31 y 32).



**Figura 29: Variedades de pimiento de fruto grande susceptibles a la pudrición apical del fruto**



**Figura 30: Variedades de pimiento de fruto pequeños tolerantes a la pudrición apical del fruto**



**Figura 31: Variedades de pimiento de coloración amarillo y naranja susceptible a la pudrición apical del fruto**



**Figura 32: Variedades de pimiento de coloración roja y verde que son tolerantes a la pudrición apical del fruto**

### **3.6 Manejo agronómico para el control de la pudrición apical del pimiento**

Durante el proceso de producción de semillas híbridas de pimiento se presentan varios problemas de origen biótico y abiótico, siendo uno de los principales la pudrición apical del fruto, la cual se acentúa con mayor intensidad cuando hay un déficit hídrico. Es por ello que en la Figura 33 se propone un manejo de programa de fertirriego basándonos en las tensiones requeridas (cb) según las diferentes etapas fenológicas del pimiento.

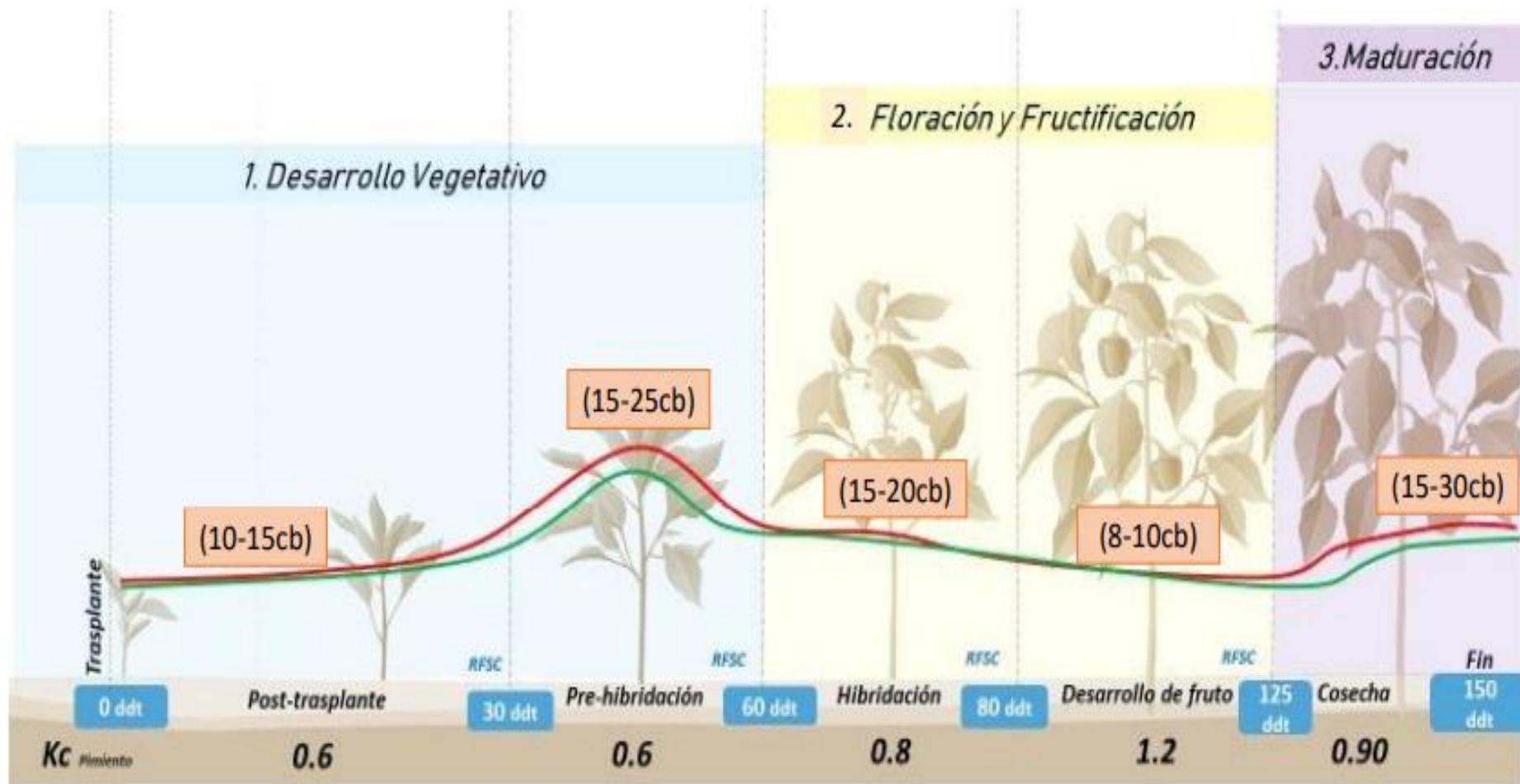


Figura 33: Manejo de tensiones según cada etapa fenológica del cultivo de pimienta después del trasplante

A continuación, se detalla el requerimiento hídrico en centibares (cb) según cada etapa fenológica del cultivo después del trasplante:

### **3.6.1 Desarrollo vegetativo**

#### **a) Post trasplante**

El post trasplante comprende los 30 días, este periodo es muy trascendental ya que la planta después de ser trasplantada, va a empezar a emitir nuevas raíces, además, en esta etapa la planta tiene un crecimiento radicular acelerado; es por ello que es importante mantener al suelo húmedo o capacidad de campo. Asimismo, la frecuencia del fertirriego debe ser monitoreada con la ayuda de los tensiómetros de 15 y 30 cm de profundidad, siendo el más relevante el de 15 cm en esta primera etapa vegetativa, pues el rango de este tensiómetro debe de mantenerse entre 10 a 15 cb (Figura 33), para que no ocurra un estrés hídrico que perjudique al desarrollo del sistema radicular, ya que esta etapa es considerada como crítica en el cultivo de pimiento porque dependiendo del número de raíces secundarias generadas en la planta, esta absorberá nutrientes ofrecidos durante el fertirriego, los cuales se utilizan en el proceso de la fotosíntesis y crecimiento del área foliar. Además, se debe indicar que una buena área radicular generada en esta etapa vegetativa, me asegura que, en el periodo de crecimiento de fruto, la planta absorberá las cantidades adecuadas de agua y nutrientes, siempre y cuando se les dé las condiciones óptimas.

#### **b) Pre Hibridación**

Esta etapa comprende de los 30 hasta los 60 días después del trasplante, en este periodo sí se realiza un riego deficitario controlado, en el cual la frecuencia de fertirriegos es un poco más prolongada, en donde los tensiómetros se mantienen en un rango de 15 a 20 cb (Figura 33). Este manejo de riego se ejecuta con el objetivo de generar un mayor número de botones florales y para obtener un porcentaje más alto de frutos cuajados. Asimismo, se debe de mencionar que bajo este manejo se logra estimular a la planta para hacer un cambio de planta vegetativa a generativa, pues dos semanas antes de entrar a la fase de hibridación, la planta consigue una arquitectura vegetativa bien constituida, un buen desarrollo del área radicular y un gran número de botones florales, los cuales se usaran para realizar hibridación manual (emasculación) de las flores para conseguir semillas híbridas.

### **3.6.2 Floración y fructificación**

#### **a) Hibridación**

Esta etapa comprende desde los 60 hasta los 80 días después del trasplante, en dicho periodo se procura que el tensiómetro se encuentre en un rango de 10 a 15 cb (Figura 33), es decir, que el suelo se mantenga en capacidad de campo, pues las plantas tienen un mayor requerimiento hídrico debido a que hay una mayor tasa de evapotranspiración. En esta fase las flores son emasculadas manualmente para obtener semillas híbridas, dicha labor se realiza de forma diaria y por un personal capacitado, en el que cada cama de una variedad de pimiento es trabajada por una persona y supervisada por un responsable de la variedad, la cual identifica a las flores emasculadas del día con un color de cinta. Además, se trata de que la labor de hibridación manual de las flores dure un corto tiempo, que durante la primera semana haya un 80 por ciento de polinización y que la cuaja este en el mismo porcentaje, para que en la segunda semana solo se complete el porcentaje restante y se pueda reducir el volumen de agua, para que haya un mayor número de frutos cuajados.

#### **b) Desarrollo de frutos**

Esta etapa comprende desde los 80 hasta los 125 días después del trasplante, en este periodo tampoco se hace uso del riego deficitario controlado, debido a que la planta demanda un mayor volumen de agua y nutrientes, pues en esta etapa hay una mayor evapotranspiración, la cual es generada por el desarrollo foliar, presencia de frutos que ya alcanzaron su tamaño óptimo y frutos que continúan en el proceso de desarrollo. Es por ello, que se tiene cuidado de mantener la lectura del tensiómetro entre 8 a 10 cb (Figura 33), pues un estrés hídrico en esta etapa podría generar consecuencias negativas como: presencia de pudrición apical en los frutos y deshidratación en planta y fruto, los cuales perjudican al rendimiento final del producto. Por ello que en esta etapa se realizan varias evaluaciones para detectar el número de frutos afectados por la pudrición apical de los frutos, asimismo, se debe de mencionar que cuando los frutos presentan esta fisiopatía nutricional es porque durante la división mitótica del fruto hubo un periodo de 5 a 24 horas de déficit hídrico, el cual se expresa en un tiempo aproximado de dos semanas (15 días).

### **3.6.3 Maduración**

Esta etapa comprende desde los 125 hasta los 150 días después del trasplante, tiene un tiempo de duración aproximado entre tres semanas a un mes y la maduración de frutos se da de forma escalonada. En este periodo la frecuencia de fertirriego es más restrictivo, pues se debe cuidar la humedad para que no haya problemas de hongos, procurando que los tensiómetros se mantengan en un rango de 15 a 30 cb (Figura 33), ya que en esta etapa fenológica todavía es importante mantener el fruto turgente y con buena apariencia, porque los frutos deshidratados o con daño de pudrición apical de frutos son descartados.

Por otro lado, se debe mencionar que en algunos casos se debe de reducir el volumen de agua en el fertirriego para evitar que los frutos sanos de las variedades susceptibles sufran de cracking o agrietamiento. Las camas que tienen un porcentaje de frutos dañados por la pudrición apical, pero en un bajo grado, también se les debe de reducir la humedad para evitar que los frutos cicatrizados se rajen.

### **3.6.4 Cosecha**

La cosecha de los frutos se da forma escalonada y paralela a la maduración de estos (Figura 34), pues el cultivo de pimiento presenta fases fenológicas traslapadas, es decir, durante la cosecha hay presencia de flores, de frutos ya desarrollados o que están recién comenzando esta fase. Asimismo, se debe de indicar que durante el proceso de cosecha de frutos se realiza de una forma diferenciada, los que presentan un grado leve de pudrición apical en la base y los que están sanos (Figura 35).



**Figura 34: Fruto maduro sano de pimiento**



**Figura 35: Fruto con un daño leve de la pudrición apical**

### **3.7 Labores culturales complementarias**

#### **3.7.1 Riego de fondo de surco**

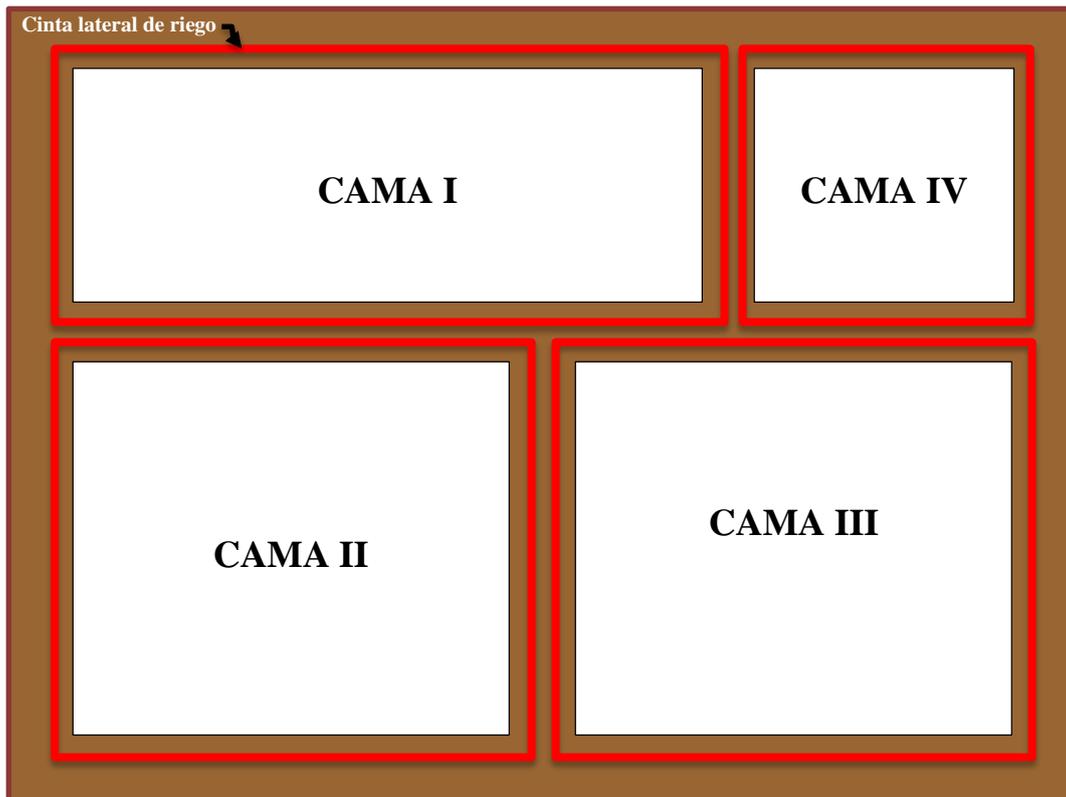
Este riego solo se realiza en las camas de las variedades que son muy susceptibles a la pudrición apical del fruto, ya que al tener un fondo de surco seco puede incrementar la presión de vapor, lo cual genera que los estomas se cierren, haya una reducción en la transpiración de la planta y por ende se genera un estrés hídrico. Para mitigar la presión de vapor se instala una manguera de riego adicional entre los surcos (Figura 36), pues esto incrementa la humedad en el ambiente. Se debe indicar que este riego adicional se ejecuta entre 2 a 3 veces por semana.



**Figura 36: Cinta de riego en el fondo de surco para reducir la presión de vapor entre camas de una misma variedad.**

#### **3.7.2 Uso de cintas laterales**

El uso de las cintas laterales en las camas de las diferentes variedades, se debe a que el déficit de vapor de presión en el perímetro de las camas es mayor a la del fondo del surco, por consiguiente, las plantas que están al costado de este perímetro van a sufrir de una mayor deshidratación, para evitar este estrés hídrico se realiza la instalación de las cintas de riegos laterales (Figura 37 y 38). Estas cintas de riego también tienen la función de ser un soporte cuando en la etapa fenológica de crecimiento de fruto haya un día en el cual no se realice un fertirriego adecuado, pues este error en el suministro de agua en las variedades susceptibles genera el daño de la pudrición apical del fruto.



**Figura 37: Croquis de la instalación de cinta de riego lateral en las camas de las variedades de pimiento dentro de la casa malla**



**Figura 38: Cinta de riego lateral instalada en el perímetro de las camas de las variedades de pimiento**

### 3.7.3 Uso de enraizantes

Durante el trasplante se realiza una evaluación de la formación de raíces de las plántulas (Figura 39), en donde si se observa que el área radicular no se ha desarrollado en las dimensiones correctas; en el fertirriego que se realiza después de la labor de trasplante se adiciona los ácidos húmicos y enraizantes para mitigar este problema, pues, sino se genera un mayor número de raíces secundarias en las plantas en esta etapa vegetativa, en las etapas fenológicas posteriores como el crecimiento de fruto que tienen una mayor demanda de agua y nutrientes, las raíces no logran absorber el volumen de agua, ni los micro y macronutrientes requeridos por la planta. Además, al no haber una buena estructura radicular, tampoco se va a observar en la parte aérea de la planta una arquitectura vegetativa bien constituida, la cual va a repercutir en la formación de botones florales, por ende, la fase de hibridación (polinización manual) va a ser afectada, consecuentemente, se va a obtener un menor rendimiento de semillas híbridas.



**Figura 39: Evaluación del crecimiento del área radicular de las plántulas de pimiento en almácigo**

### 3.7.4 Uso de malla como sombra

Las mallas de sombra tienen la función de reducir la temperatura y radiación dentro de la casa malla. Cuando se registra un porcentaje considerable de frutos afectados por la pudrición apical, se trata de mantener condiciones óptimas de temperatura, siendo una de las soluciones el uso de las mallas como sombra a partir del momento en el que se detecta esta

fisiopatía nutricional, que generalmente es después de los 20 días de la polinización manual (emasculación). Si esta labor se realiza antes, el rendimiento de la variedad puede ser afectado, debido a que las mallas de color negro disminuyen el porcentaje de cuaja de frutos, mientras que las mallas de color blanco reducen la viabilidad de polen. Además, también se debe tener en cuenta que cuando la intensidad de la radiación solar no es la adecuada, no se produce un buen llenado de semillas en el fruto, por ende, se va a tener un bajo rendimiento.

### **3.7.5 Aplicación foliar de calcio y boro**

La aplicación de calcio y boro se realiza de forma preventiva durante la etapa de hibridación, estas aplicaciones se realizan con un intervalo de tiempo de 10 días y un total de tres veces.

## IV. CONCLUSIONES

- Tener un buen manejo agronómico por etapa fenológica, es decir, potenciar el crecimiento radicular durante el desarrollo vegetativo, generando una planta equilibrada tanto en el área foliar como radicular, brindando una mejor respuesta ante un riego deficitario en la etapa de pre hibridación, permitiendo absorber eficientemente el agua en la etapa de crecimiento de fruto, lo cual previene la pudrición apical del fruto y asegura buenos rendimientos.
- La evaluación en campo está sujeta a tres factores, siendo el de mayor jerarquía la planta, seguida por el suelo e instrumentos de medición. Se cuenta con una evaluación preventiva, que consta de identificar las variedades susceptibles, determinar el incremento oportuno de humedad basándonos en la cuaja y validar el correcto funcionamiento de los tensiómetros. Además, clasificar el porcentaje de frutos afectados con la pudrición apical según el día emasculado (cinta de color), nos permite un adecuado diagnóstico para determinar un manejo agronómico correctivo.
- Tener la información en tiempo real de los datos meteorológicos bajo casa malla nos permiten determinar la lámina de riego diaria (evapotranspiración) y los periodos con déficit de presión de vapor altos para acondicionar el invernadero con cintas laterales y a fondo de surco. Asimismo, contar con los datos diarios del cultivo como: susceptibilidad de la variedad, porcentaje de cuaja y frutos dañados con la pudrición apical (cinta de color), nos brindara una información cuantificada para tomar decisiones más eficientes durante todo el proceso de producción.

## **V. RECOMENDACIONES**

- Se debe de realizar más trabajos de investigación sobre el manejo agronómico correcto en el cultivo de pimiento para evitar que el Blossom end Rot o aborto de frutos afecten al producto final.
- Se debe de realizar capacitaciones constantes al personal técnico y operario ya que son de gran importancia para lograr el objetivo trazado según cada etapa fenológica del cultivo, por ello es conveniente realizar por lo menos una reunión general con los todos los miembros del equipo.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelkhalik, A., Baixauli, C., Domene, M., Pascual, B., Pascual-Seva, N., & Nájera, I. (2019). Effects of deficit irrigation on the yield and irrigation water use efficiency of drip\_irrigated sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under Mediterranean conditions. *Irrigation Science*, 38, 89-104.
- Agriculture and Agri-Food Canada. (2016). *Crop Profile for Greenhouse Pepper in Canada, 2014. Pesticide Risk Reduction Program Pest Management Centre*. (3 era edic). Agriculture and Agri-Food Canada.
- Alarcón, A. L., Madrid, R., Romojaro, F., & Molina, E. (1998). Calcium forms in leaves of muskmelons (ev. Revigal) plants tested with different calcium compounds. *Journal of Plant Nutrition*, 21(9), 897–1912.
- Alarcón, A., X., J., & González, L. (2006). Bases prácticas para optimizar la asimilación del calcio. In *Fruticultura profesional* (pp. 49–60).
- Allen, R. G. (2006). Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *Food & Agricultura Organica*.
- Aloni, B., Karni, I., Rylski, Y., Cohen, Y., Lee, M., Fuchs, M., Moresht, S., & Yaho, C. (1998). Cuticular cracking in pepper fruit. I. Effects of night temperature and humidity. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73(6), 743–749.
- Aloni, B., Karni, I., Rylski, Y., Cohen, Y., Lee, M., Fuchs, M., Moresht, S., & Yaho, C. (1999). Cuticular cracking in bell pepper fruit: II. Effects of fruit water relations and fruit expansion. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74(1), 1–5.
- Álvarez, F., & Pino, M. T. (2018). Aspectos generales del manejo agronómico del pi\_miento en Chile. Pimientos para la industria de alimentos e in\_gredientes. En: Pino, M. T. (ed). *Boletín INIA N°360, Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, 41–57.
- Amezcuca, J. C., & Lara, M. (2017). El Zinc en las Plantas. *Ciencia*, 68(3), 28–35. <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/zinc-in-plants>.

- Arena, W., Cardozo, C., & Baena, M. (2015). Análisis de los sistemas de semillas en países de América Latina. *Acta Agronómica*, 64(3), 239–245.
- Arias, A. (2018, August). Calcio, un elemento clave para la agricultura de exportación. *Red Agrícola*. <https://www.redagricola.com/cl/calcio-un-elemento-clave-en-la-agricultura-de-exportacion>
- Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F., & Côme, D. (2000). Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. *Seed Sci. Res.*, 10(35).
- Bartolomé, T., Coletto, J., & Velázquez, R. (2015). *Historias de las plantas II: La historia del pimiento*. <https://www.unex.es/conoce-lauex/centros/eia/archivos/iag/2015/2015-14-historias-de-plantas-ii-la-historiadel.pdf>
- Bartolomé, Teresa, Coletto, J., & Velázquez, R. (2015). Historias De La Plantas II: La Historia Del Pimiento. In *La agricultura y la ganadería extremeñas* (pp. 241–254). <https://www.unex.es/conoce-la-uex/centros/eia/archivos/iag/2015/2015-14-historias-de-plantas-ii-la-historia-del.pdf>
- Batres, A. (2015). Desarrollo de una guía para producir semilla híbrida de sandía (*Citrullus lanatus* L.). *Escuela Agrícola Panamericana Zamorano*. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4546/1/CPA-2015-011.pdf>
- Berríos, U., Arredondo, B., & Tjalling, H. (2007). Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad: Pimiento. *SQM*, 103 p. [http://www.sqm.com/PDF/SPN/CropKits/SQM-Crop\\_Kit\\_Pepper\\_L-ES.pdf](http://www.sqm.com/PDF/SPN/CropKits/SQM-Crop_Kit_Pepper_L-ES.pdf)
- CATIE. (1993). Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de chile dulce. *Proyecto Regional de Manejo Integrado de Plagas.*, 143.
- Dalmasso, J. (2016). *Influencia del déficit hídrico en diferentes etapas fenológicas sobre el rendimiento y calidad del zapallo*. Universidad Nacional De Cuyo.
- Del Pino, M. (2022). *Guía didáctica: Cultivo y manejo del pimiento (Capsicum annum L.)* (pp. 1–19). Universidad Nacional de la Plata-Fcultad de Ciencia Agrarias y Forestales.
- Di Fabio, A., Lozoya-Gloria, E., & Dos Santos-Okivera, F. (1996). *Producción y manejo de cultivo* (pp. 1–35).

- Díaz, A. G., Mira, G., & Cayón, J. J. (2007). Metabolismo del calcio y su relación con la “mancha de madurez” del fruto de banano. Una revisión. *Agron. Colomb.*, 25, 280–287.
- Distrito de Conservación de Recursos del Condado de Monterey. (n.d.). *Cómo Usar un Tensiómetro*.
- Enstone, D. E., Peterson, C., & Ma, F. (2002). Root endodermis and exodermis: Structure, function, and responses to the environment'. *Journal of Plant Growth Regulation*, 21(4), 335–351. <https://doi.org/10.1007/s00344-003-0002-2>
- Erel, R., Le, T., Eshel, A., Cohen, S., Offenbach, R., Strijker, T., & Shtein, I. (2019). Root Development of Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.) as Affected by Water Salinity and Sink Strength. *Journal Plantas*, 9(35). <https://doi.org/10.3390/plants9010035>
- FAO. (2002). *El cultivo protegido en clima mediterráneo. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación*.
- Fernandes, P., & Haag, H. (1972). Nutrição mineral de hortaliças: XXI efeito da omissão dos macronutrientes no crescimento e na composição química do pimentão (*Capsicum annuum* L., var. avelar). *Anais Da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, 29(223-235.).
- Ferreira, R., Selles, G., Ahumada, R., Maldonado, P., Gil, P., & Barrera, C. (2005). Manejo del riego localizado y fertirrigación. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 126*, 22–24.
- Flores, J., Ojeda-bustamante, W., Lopez, I., Rojano, A., & Salazar, I. (2007). Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *Terra Latinoamericana*, 25(2), 127–134.
- Flores, M., & Vilcapoma, G. (2006). “*Guía de Prácticas*” de *Diversidad de Angiospermas*. (p. 60). Departamento de Biología de la UNALM.
- Fornaris, G. (2005). Características de la planta de pimiento. In *Conjunto tecnológico para la producción de pimiento: tipos ‘cubanelle’ y ‘campana’* (Vol. 3, p. 5). Universidad de Puerto Rico. <http://136.145.11.14/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/PIMIENTO-Características-de-la-Planta-v2005.pdf>
- Gaviola, J. C. (2020). *Producción de semillas hortícolas* (1 era ed.). Ediciones INTA.

- Génova, L., Andreau, R., Etcheverry, M., Etcheverry, P., Chale, W., Luciano, C., & Ramos, F. (2021). *Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera . Contenidos hídricos referenciales . Medición y estimación de la humedad y la densidad aparente del suelo . Potencial de agua . Curvas de capacidad hídrica . Sensibilidad de las plantas al déficit hídrico . Umbral d* (pp. 1–46).
- Goldberg, D., Gornat, B., & Rimon, D. (1976). Drip Irrigation Principles Design and Agricultural Practices. *Science Publications Israel*, 295.
- Goyal, R., & Rivera, L. (2005). *Manejo de riego por goteo. Recinto de Mayagüez, PR.* (pp. 22–26).
- Gurovich, L. (1985). *Fundamentos y diseño de sistemas de riego. Levantex. San José, CR.* 211–214.
- Hawkesford, M. ., Orst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Skrumager Moller, I., & White, P. (2012). Function of macronutrientes. In *Marschner´s mineral nutrition* (Marschner, pp. 135–178). Elsevier.
- Heydecker, W. J., Heydecker, J., Higgins, K., & Gulliver, K. (1973). Accelerated germination by osmotic seed treatment. *Nature*, 246(42–46).
- Ho, C. L., Hand, D. J., & Fussell, D. (1999). Improvement of tomato fruit quality by calcium nutrition. *Acta Horticulturae*, 481, 463–468.
- Ho, L., Belda, R., Brown, M., Andrews, J., & Adams, P. (1993). Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end rot in tomato. *J. Exp. Bot.*, 44(259), 509-518.
- Intagri. (2015). *Manejo de Blossom End Rot en Tomate.*  
<https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/Manejo-Blossom-End-Rot-Tomate>
- Jaramillo, R. (2005). *Propuesta de Manejo Integrado de Plagas en cultivo de pimiento Piquillo (Capsicum annum L.) en el Fundo Agricultor.* Universidad Agraria La Molina.
- Jovicich, E., & Cantliffe, D. (2004). “Elephant’s Foot,” a Basal Stem Disorder in Greenhouse-Grown Bell Peppers. *University of Florida. IFAS Extension.*  
<https://docplayer.net/37613874-Elephant-s-foot-a-basal-stem-disorder-in-greenhouse-grown-bell-peppers-1.html>

- Joya, A. E. (2022). *Manejo de riego deficitario controlado en el proceso de producción de semilla híbrida de pimiento (Capsicum annum L.)* [Universidad Nacional Agraria la Molina].  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5462/joya-pajuelo-angel-eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Keng, J. C. W., Scott, T. W., & Lugo-Lopez, M. A. (1979). Fertilizer Management with Drip Irrigation in an Oxisol. *Agronomy Journal*, 71, 971–980.
- Lapeña, I. (2012). La Nueva Legislación de Semillas y sus implicancias para la agricultura familiar en el Perú. *Serie de Política y Derecho Ambiental. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental*.
- Lara, H. A. (1999). Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra*, 17, 221–229.
- Larraín, P., Sepúlveda, P., Gonzalez, V., Rojas, C., & Villavicencio, A. (2010). Manejo de plagas y enfermedades en pimiento, incorporando criterios de producción limpia. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigaciones Especializado En Agricultura Del Desierto y Altiplano (CIE), INIA URURI, Región de Arica y Parinacota, Ministerio de Agricultura*, 33.  
<https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/4402>
- Leskovar, J. M., Cantliffe, D. J., & Stoffellat, N. F. (1989). Pepper ( *Capsicum annum L.* ) root growth and its relation to shoot growth in response to nitrogen. *Journal of Horticultural Science*, 64(6), 711–716.  
<https://doi.org/10.1080/14620316.1989.11516013>
- Lucas, L. (2011). *Fertilización fosfatada en chile Guajillo (Capsicum annum L.) y su interacción con hongos micorrizas arbusculares*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Marcelis, L., & Ho, L. (1999). Blossom-end rot relation to growth rate and calcium content in fruits of sweet pepper (*Capsicum annum L.*). *J. Exp. Bot.*, 50(332), 357–367.
- Meister Media Worldwide. (2004). *Plagas y enfermedades de chiles y pimientos*.
- Mengel, K. (2007). Potassium. In A. V. Barker & D. J. Pilbeam (Eds.), *Hand book of plant nutrition* (pp. 135–178). Taylor & Francis Group.

- Merino, G. (2017). *Producción de semillas híbridas de tomate (Solanum lycopersicum) determinados e indeterminados en el valle de Cañete*. [Universidad Nacional Agraria la Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM>
- Moreno, C. (2017). *Extracto de algas marinas en el rendimiento y calidad de ají escabeche (Capsicum bacatum var. pendulum) bajo condiciones de Cañete*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Morita, S., & Toyota, M. (1998). Root system morphology of pepper and melon at har\_vest stage grown with drip irrigation under desert conditions in Baja California, Mexico. *Japanese Journal Crops Sciencie*, 6.
- Nuez, F., Gil Ortega, R., & Costa, J. (2003). *El Cultivo De Pimientos, Chiles Y Ajies*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Nuez, Fernando, Costa, J., & Gil, R. (1996). *El cultivo de pimientos chiles y ajíes*. Ediciones Mundi Prensa.
- Núñez, H., De la Luz Ruiz, G., Pérez, D., Beltrán, P., Flores, J., Mejia, M., & Almeida, R. (2019). Acondicionamientos pre-germinativos y producción de plántulas de pimiento morrón. *XXVII Verano de La Ciencia*, 16, 1–10.
- Obregón, V. (2016). *Guía para la identificación de las enfermedades de pimiento en inverandero* (V. Obregón, M. Ibañez, & T. Lattar (eds.); 1 era ed.). Ediciones INTA.
- Orellana, F., Escobar, J., Morales de Borja, A., Méndez de Salazar, I., Cruz, R., & Castellón, M. (2000). El cultivo de chile dulce. Guía técnica. *Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.*, 9–19. Chile Dulce - [Cadenahortofruticola.org%0Awww.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/360chile\\_dulce.pdf](http://Cadenahortofruticola.org%0Awww.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/360chile_dulce.pdf)
- Pedrol, N., Ramos, P., & Reigosa, M. J. (2000). Phenotypic plasticity and acclimation to water deficits in velvetgrass: A ongterm greenhouse experiment. Changes in leaf morphology, photosynthesis and stress-induced metabolites. *Journal of Plant Physiology*, 157, 383–393.

- Pino, M. (2018a). Guía didáctica: Cultivo y manejo del pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Universidad Nacional De La Plata*.  
[https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/41414/mod\\_resource/content/1/Guía de Pimiento 2017 %281%29.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/41414/mod_resource/content/1/Guía%20de%20Pimiento%202017.pdf)
- Pino, M. (2018b). Guía didáctica: Cultivo y manejo del pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Universidad Nacional De La Plata*.  
[https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/41414/mod\\_resource/content/1/Guía de Pimiento 2017 %281%29.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/41414/mod_resource/content/1/Guía%20de%20Pimiento%202017.pdf)
- Pire, R., & Colmenare, O. (1994). Extracción y eficiencia de recuperación de nitrógeno por plantas de pimentón sometidas a diferentes dosis y fraccionamientos del elemento. *Agronomía Tropical*, 46, 353–369.
- Prenger, J. J., & Ling, P. P. (2000). Greenhouse Condensation Control: Understanding and Using Vapor Pressure Deficit (VPD). *Ohio State University Extension Fact Sheet. Food, Agricultural and Biological Engineering*.
- Pressman, E., Moshkovitch, H., Rosenfeld, K., Shaked, R., Gamliel, B., & Aloni, B. (1998). Influence of low night temperatures on sweet pepper flower quality and the effect of repeated pollinations, with viable pollen, on fruit setting. *Journal Horticulture Science Biotechnology*, 73(1), 131–136.
- Rabinowitch, H. D., Friedman, M., & Ben-Dvid, B. (1983). Suncald damage in attached and detached pepper and cucumber fruit at various stages of maturity. *Sci. Hortic. Amsterdam*, 19(9–18).
- Reche, J. (2010). Cultivo del pimiento dulce en invernadero. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Agricultur, Vol. 53, Issue 9). Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación.  
[http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160265Cultivo\\_Pimiento\\_Invernadero.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160265Cultivo_Pimiento_Invernadero.pdf)
- Red Agrícola. (2021). *Análisis de la campaña de capsicum. Una menor oferta impacta positivamente*.
- Saavedra, G. (2019). Pimiento y Ají (*Capsicum annuum*). *Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA / MINISTERIO DE AGRICULTURA*, 411, 61p.

- Salas, A. F., & Urrestarazu, L. P. (2008). *Bases del riego localizado. Relación suelo-agua\_planta*. [http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/%0Atemario/Tema 10.Riego goteo/tutorial\\_03.htm](http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/%0Atemario/Tema%2010.Riego%20goteo/tutorial_03.htm)
- Sánchez, G., & Vergara, C. (1998). Plagas de Hortalizas. *Universidad Nacional Agraria La Molina-Departamento de Entomología*, 55–58.
- SENAMHI. (2021a). Boletín agroclimático del capsicum. *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología*. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/03604SENA-30.pdf>
- SENAMHI. (2021b). Boletín Agroclimático del Capsicum. *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología*.
- SIICEX. (2016). *Pimiento Piquillo*. Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior. [http://www.siicex.gob.pe/siicex/portal5ES.asp?scriptdo=cc\\_fp\\_partida&ptarifa=9042210%0A00&\\_portletid\\_=SFichaProductoPartida&\\_page\\_=172.17100#anclafecha](http://www.siicex.gob.pe/siicex/portal5ES.asp?scriptdo=cc_fp_partida&ptarifa=9042210%0A00&_portletid_=SFichaProductoPartida&_page_=172.17100#anclafecha)
- Silva, A., Anderson, F., Nowaki, R., Cecílio, A., Bernardes, &, & Mendoza-Cortez, W. (2017). Síntomas de deficiencia de macronutrientes en pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Agrociencia (Uruguay)*, 21(2), 31–43. [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2301-15482017000200031&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482017000200031&lng=es&tlng=es).
- Snyder, R. (2016). Tomato Troubles: Common problems with Tomatoes. *Mississippi State University Extension*, 2975(7–16). <http://extension.msstate.edu/sites/default/files/publications/publications/p2975.pdf>
- Steudle, E. (2000). Water uptake by roots: effects of water deficit. *Journal of Experimental Botany*, 51(350), 1531–1542.
- Steudle, E., & Peterson, C. (1998). How does water get through roots? *Journal of Experimental Botany*, 49(322), 775–788. 10.1093/jxb/49.322.775.
- Suzuki, M., Umeda, H., Matsuo, S., Kawasaki, Y., Ahn, D., Hamamoto, H., & Iwasaki, Y. (2015). Effects of relative humidity and nutrient supply on growth and nutrient uptake in greenhouse tomato production. *Sci. Hortic.*, 187, 44–49. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.02.035>.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2013). *Fisiología Vegetal*. Porto Alegre: ArtMed.

- Turner, N. C., & Begg, J. E. (1981). Plant-water relations and adaptation to stress. *Plant Soil*, 58, 97–131.
- Valle, M. J. C. (2010). *Acumulación de biomasa, crecimiento y extracción nutrimental en pimiento morrón (Capsicum annuum L.)*. Universidad autónoma Chapingo.
- Vavilov, N. I. (1994). *Origin and geography of cultivated plants*. Cambridge University Press.
- Villablanca, A., Cajías, E., & Allende, M. (2015). Uso e instalación de tensiómetros. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, URURI, Región de Arica y Parinacota, Ministerio de Agricultura, 101*, 1–2.
- Zamora, E. (2016). Algunas fisiopatías de frutos, tallos y hojas en cultivos protegidos. *Universidad de Sonora-Departamento de Agricultura y Ganadería*.
- Zapata, M., Bañón, S., & Cabrera, P. (1992). *El pimiento para pimentón*. Ed. Mundi\_Prensa.
- Zimmermann, H. M., Hartmann, K., Schreiber, L., & Steudle, E. (2000). Chemical composition of apoplastic transport barriers in relation to radial hydraulic conductivity of corn roots (*Zea mays L.*). *Planta*, 210(2), 302–311. <https://doi.org/10.1007/PL00008138>.