

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“MANEJO DEL RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO EN EL
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA DE
PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.)”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

ÁNGEL EDUARDO JOYA PAJUELO

LIMA - PERÚ

2022

**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 DEL RIEGO
DEFICITARIO CONTROLADO EN EL PROCESO
DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA DE
PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.)”**

Ángel Eduardo Joya Pajuelo

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

.....
Ing. Mg. Sc. Gilberto Rodríguez Soto
PRESIDENTE

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

.....
Ing. Mg. Sc. Isabel Montes Yarasca
MIEMBRO

.....
Ing. Mg. Sc. Pedro Pablo Gutiérrez Vílchez
MIEMBRO

LIMA - PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mi padre Miguel Ángel Joya Espíritu y a mi madre Luisa Nelly Pajuelo Átero por su apoyo incondicional en todos los aspectos y aristas de mi vida, por sus consejos y acompañamiento desde el día uno de vida. Por enseñarme a valorar el esfuerzo y sacrificio y a nunca darme por vencido hasta conseguir mis objetivos y sueños.

A mis hermanos Linda y Gabriel por su cariño incondicional y respeto a quienes siempre tengo en mi corazón. A mi sobrino Bruno por brindar la alegría en casa, por quien me esfuerzo por ser el mejor ejemplo posible para él.

A mi Tía Gladys Joya por apoyarme siempre en cada proyecto personal y académico, por brindarme consejos de vida e inculcarme siempre a ser mejor que ayer y nunca conformarme.

A mis abuelos Leoncio, Teodolinda, Carlos y Mamá Lucha a quienes siempre me brindaron su cariño y amor, personas que siempre estarán presentes en mis pensamientos y corazón. Ahora sé que están plenamente orgullosos de mí.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria La Molina por su valiosa formación integral, el cual siempre estaré plenamente agradecido, permitiéndome ejercer mi tan amada carrera.
- A mi asesor, el Ing. Andrés Casas, por sus aportes y apoyo en la realización del presente trabajo.
- A los miembros del jurado por su apoyo y tiempo brindado.

ÍNDICE GENERAL

PRESENTACIÓN

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	3
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
	3.1. Origen e historia del cultivo de pimiento.....	4
	3.2. Clasificación taxonómica	5
	3.3. Descripción morfológica.....	5
	3.3.1. Raíz	5
	3.3.2. Tallo	5
	3.3.3. Hojas.....	6
	3.3.4. Flor	7
	3.3.5. Fruto	7
	3.3.6. Semilla.....	8
	3.4. Fenología del cultivo	8
	3.4.1. Germinación	8
	3.4.2. Desarrollo vegetativo	9
	3.4.3. Floración y cuajado	9
	3.4.4. Desarrollo de fruto	10
	3.4.5. Maduración	10
	3.5. Importancia del pimiento a nivel mundial	11
	3.6. Importancia del pimiento en el Perú	13
	3.7. Semilla híbrida.....	13
	3.7.1. Importancia a nivel mundial	13
	3.7.2. Importancia en América Latina	14
	3.7.3. Producción de semillas híbridas de hortalizas en el Perú.....	15
	3.7.4. Producción de semillas híbridas de pimiento	16
	3.8. Fertirriego.....	16
	3.8.1. Importancia y ventajas del riego por goteo en hortalizas	16

3.8.2. Importancia de la nutrición en la producción de pimiento	17
3.8.3. Déficit hídrico en pimiento.....	18
3.8.4. Riego deficitario controlado en la producción de pimiento	19
3.9. Tensiómetros	21
3.9.1. Partes	21
3.9.2. Importancia en la agricultura	22
3.9.3. Momento y duración del riego.....	22
3.9.4. Interpretación de las lecturas del vacuómetro	23
IV. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA LABORAL.....	24
4.1. Antecedentes	24
4.2. Habilitación del tensiómetro	25
4.2.1. Acondicionamiento en gabinete.....	26
4.2.2. Acondicionamiento en campo	26
4.2.3. En riego de enseño (pre-trasplante).....	28
4.2.4. Post trasplante y mantenimiento	29
4.2.5. Identificación de tensiómetros en campo y registro de valores	30
4.2.6. Rango de valores del vacuómetro establecidos por etapa fenología.....	30
4.3. Procedimiento para el fertirriego.....	33
4.3.1. Fuera del módulo	33
4.3.2. Dentro del módulo	36
4.4. Criterios de cambio de programación establecida según problemas en campo	39
4.4.1. Deficiencias nutricionales	39
4.4.2. Aborto de flores	40
4.4.3. Plantas vigorosas.....	42
4.4.4. Necrosis apical o blossom en fruto	44
V. CONCLUSIONES	46
VI. RECOMENDACIONES.....	48
VII. BIBLIOGRAFÍA	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición química y valor nutritivo de pimientos dulces y picantes por 100 gr comestible	12
Tabla 2: Guía general para lectura de vacuómetro	23
Tabla 3: Duración y lectura del vacuómetro por etapa fenológica.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Partes del tensiómetro convencional.....	21
Figura 2: Tensiómetros convencionales sumergidos en balde con agua	27
Figura 3: Uso de bomba de vacío en tensiómetro instalado en campo	28
Figura 4: Sintomatología de marchitez por phytophthora.....	37
Figura 5: Síntoma de deficiencia de potasio	40
Figura 6: Aborto de flores	42
Figura 7: Inicio de la pudrición apical o blossom en fruto de pimiento	45

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de mostrar la importancia del riego deficitario controlado (RDC) en la etapa fenológica de desarrollo vegetativo en la producción de semilla híbrida en el cultivo de pimiento, haciendo uso de los tensiómetros convencionales en la toma de decisiones del momento del fertirriego, en el valle de Cañete. En cuanto al concepto de RDC se basa en la reducción del suministro hídrico en todo el ciclo de desarrollo del cultivo o en una etapa puntual de la misma, en que un déficit hídrico parcial no afecte significativamente en la producción y/o calidad del producto comercial final. En la etapa inicial del cultivo hasta el día 60 después del trasplante de cada una de las variedades de pimiento, se mantuvo lecturas de vacuómetro del tensiómetro cercanos a 50 cb para dar inicio a cada fertirriego, obteniéndose así plantas con un crecimiento foliar controlado y de gran número de botones florales, necesarios para una posterior emasculación y polinización artificial de las flores, de manera paralela se consiguió plantas de buen desarrollo radicular, debido a que este ligero estrés hídrico indujo a que las raíces profundicen más de lo habitual en búsqueda de agua disponible en el suelo. Por consiguiente, se obtuvo un ahorro de 240 m³/Ha y fertilizantes: Nitrato de calcio 170 Kg/Ha, nitrato de potasio 72 Kg/Ha y nitrato de magnesio 72 Kg/Ha.

Palabras clave

Riego deficitario controlado, *Capsicum annuum* L., semilla híbrida,

ABSTRACT

The present work was done with the objective of demonstrate the importance about regulated deficit irrigation (RDI) in the fenologic stages of vegetative development in the hybrid seed production in pepper crop, using conventionals irrometer sensors to take decisions at time to fertigation, in Valley of Cañete. About the concept of RDI is based in the reduction of hydric supply in the whole development cycle of the crop or in a particular stage, where a partly hydric deficit will don't affect the production or quality of final comercial product. Since the first stage of the crop until the day 60 ago of the transplant of each varieties of pepper, kept up vacuum gauge readings close to 50 centibars to start each fertigation, obtaining in that way plants with increase controlled leaf and a huge number of flower buds, these are necessaries for future emasculation and artificial flower's polinitation, furthermore, plants archieved with a good root development, in order of this slight hydric stress induce roots depth than before looking for available groundwater. In consequence, it obtains a save of 240 m³/Ha and fertilizers: Calcium Nitrate 170 Kg/Ha, Potassium Nitrate 72 Kg/Ha and Magnesium Nitrate 72 Kg/Ha.

Keywords

Regulated deficit irrigation, *Capsicum annuum* L., hybrid seed.

PRESENTACIÓN

La presente monografía tiene como objetivo presentar el manejo del fertirriego, enfatizando el riego deficitario controlado como estrategia para la obtención de buenos resultados en la producción de semillas híbridas en el cultivo de pimiento, desarrollado en el valle de Cañete. La producción se desarrolla en suelo definitivo, bajo condiciones de invernadero (malla antiáfida) y riego por goteo. Asimismo, se realiza una breve descripción del uso, mantenimiento e instalación paso a paso de los tensiómetros convencionales en campo definitivo, como estrategia en la toma de decisiones en la ejecución del fertirriego, considerando los rangos de tensiones adoptados en cada etapa fenológica del cultivo.

Se mostrará las diferentes problemáticas que se presenta en algunos cultivares y las estrategias que se consideran para poder solucionarlo. Entre las dificultades más frecuentes se encuentran: aborto de flores, presencia de plantas vigorosas, blossom-end-rot en fruto o pudrición apical y deficiencias nutricionales. Se detallará además el proceso de fertirriego que se desarrolla de manera simultánea tanto en el interior como exterior del módulo, explicando la función de cada personaje en la ejecución de la misma, obteniendo como fin un fertirriego de calidad.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de pimiento es originario de Perú y Bolivia, donde en un primer momento se extendió al resto del continente y finalmente al resto del mundo por la llegada de la conquista española. Pertenece a la familia Solanácea y al género *Capsicum* que comprende varias especies en las que se encuentran como cultivadas: *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. baccatum*, *C. pubescens* y *C. chinense* (Bosland *et al.*, 2012; citado en Pino, 2018). El pimiento (*C. annuum*) es la especie de mayor importancia económica, ya que es usada principalmente en la alimentación humana como hortalizas de acompañamiento, además de uso como condimento o colorante. El fruto de esta hortaliza se puede consumir entera o en trozos, en fresco o industrializada, en salmuera o vinagre.

La producción de esta hortaliza a nivel mundial no ha crecido de manera proporcional a la demanda que se genera, es por eso que países económicamente más capitalizados, tales como Holanda, España y Francia, entre otros, son los que han desarrollado cada vez mejores tecnologías para poder reducir esta brecha (Velasco, 2011; citado en Merino, 2017). Es por eso que se viene desarrollando trabajos de mejoramiento genético en el cultivo de pimiento, con el propósito de producir alimentos que se adapten a las distintas condiciones de producción y de mayor rendimiento por área de siembra. El trabajo de mejoramiento se viene desarrollando hace varios años y se basa en la producción de semillas de alta calidad, que le permite al productor obtener cultivos uniformes en crecimiento y desarrollo de fruto, de altos rendimientos y además de cubrir con las exigencias y necesidades de los consumidores finales.

El uso de un sistema de riego por goteo es el usado para la producción de pimiento para semilla híbrida, ya que es el más eficiente método de suministro de agua y nutrientes al cultivo. Entrega el agua y fertilizantes directamente a la zona radicular en cantidades correctas y en el momento adecuado (Intagri, 2017). El agua y los nutrientes se entregan en el campo a través de las cintas de riego, las cuales contienen pequeños dispositivos conocidos como goteros, cada uno de estos emite un flujo controlado de gotas que contiene

fertilizantes disueltos en agua, esta solución se distribuye en la zona radicular de cada planta a lo largo del campo.

Para el año 2050, habrá aproximadamente 10 mil millones de personas habitando el planeta tierra y a la vez, se prevé un 20% menos superficie cultivable por persona (Netafim, 2020). Incluyendo la escasez de agua, es por eso que es importante que se aumente la productividad agrícola y la eficiencia en el uso de los recursos.

La importancia de promover un riego deficitario controlado (RDC) en la etapa de desarrollo vegetativo en los cultivares de la mencionada hortaliza ha llevado consigo resultados aceptables en lo referente al rendimiento del producto comercial final (Abdelkhalik *et al.*, 2019). Además de conseguir otros beneficios como: mantener controlado el vigor del cultivo, mejor desarrollo radicular y conseguir plantas que sean más generativas en vez de vegetativas, característica ideal para que se ejecute la hibridación manual de las flores. Por otra parte, genera un impacto ambiental favorable tras disminuir el uso de hidrocarburos, como la gasolina en el funcionamiento de motores, un ahorro significativo del recurso hídrico y de distintas fuentes de fertilizantes, tras disminuir el número de fertirriegos a lo largo de la campaña de producción. Se ve necesario mejorar la gestión y optimizar el uso de este recurso hídrico, considerando que la población mundial crece con rapidez y según estimaciones, el 70% del agua que se extrae en el mundo se destina a la agricultura (FAO, 2012).

II. OBJETIVOS

- Mostrar la importancia del riego deficitario controlado en la etapa fenológica de desarrollo vegetativo en la producción de semilla híbrida.
- Mostrar la importancia del uso de tensiómetros convencionales en la toma de decisiones diarias en la ejecución del fertirriego.
- Explicar la importancia de una adecuada coordinación con los integrantes del equipo de fertirriego para un óptimo desempeño de labores.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Origen e historia del cultivo de pimiento

El pimiento (*Capsicum annuum*) es originario de América del Sur, cultivado desde tiempos muy antiguos por las civilizaciones existentes en la zona comprendida de Bolivia y Perú (Ruano y Sánchez, 1999), siendo uno de los primeros cultivos domesticados en la historia del hombre, que además fue consumido, valorado, y ofrendado a los dioses por sus múltiples usos culinarios y medicinales desde tiempos remotos, encontrándose restos fósiles de pimiento y figuras artísticas en dibujos y vasijas en Perú, que data de los años 8600 al 5600 a. C. (Pino, 2018). Por lo cual se puede afirmar que el Perú es uno de los principales centros de origen de las hortalizas del género *Capsicum* en el mundo.

Los pimientos llegaron a España en el primer viaje realizado por Colón en el año 1493. Se vio gran potencial en este cultivo por su fácil producción, por sus propiedades medicinales y su uso en el ámbito culinario, considerado incluso un digno sustituto de la pimienta, que en esa época tenía un elevado costo por ser comercializado por los portugueses que ostentaban el monopolio de esta especia. En un primer momento los portugueses intentaron frenar el comercio y cultivo de pimiento, pero no pudieron. Posteriormente estos últimos crearon su propia producción a gran escala de pimiento con fines de exportación dentro y fuera del continente. siendo bautizada bajo el nombre de Pimienta de Pernambuco (Bartolomé *et al.*, 2015).

Al igual que algunas especies de hortalizas, el pimiento es de un crecimiento relativamente rápido, presenta además diferentes grados de picor según sea la variedad, yendo desde una sensación sutil a muy intenso, además de ser rico en calcio y en vitaminas A y C, han hecho que esta especie sea una de las preferidas en el mundo. Además, son utilizados como condimentos y como colorantes naturales en las comidas, cosméticos y farmacéuticas (Noriega, 2009; citado en Huamán, 2016).

3.2. Clasificación taxonómica

La taxonomía dentro del género *Capsicum* es muy variada debido a las diferentes formas presentes en las especies cultivadas y en la diversidad de criterios para su clasificación.

Flores y Vilcapoma (2008), afirman lo siguiente:

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Subclase : Asteridae

Orden : Scrophulariales

Familia : Solanácea

Género : *Capsicum*

Especie: *Capsicum annuum* L.

3.3. Descripción morfológica

Planta herbácea perenne, presenta un ciclo de cultivo anual con una altura de planta que va de 0.5 metros (en algunos cultivares sembrados al aire libre) y más de 2 metros (mayoría de híbridos cultivados en invernadero) (Valadez, 1996; citado en Castillo, 2009).

3.3.1. Raíz

Es pivotante y profundo con un conjunto de raíces secundarias, la exploración de las mismas puede variar de 30 a 50 cm en horizontal y en vertical 70 a 120 cm. El mayor porcentaje de las raíces secundarias (cuya función principal es la absorción de agua y nutrientes) se encuentran a una profundidad de 30-60 cm. Todo el sistema radicular de la planta representa entre el 5 a 20% del peso total de la planta, variando entre cultivares y manejo del cultivo (Condés, 2017).

3.3.2. Tallo

Es de crecimiento erecto de aspecto herbáceo de color verde. Su tallo principal al inicio es de color verde claro, posteriormente se torna de un color verde oscuro en la mayoría de los

casos. Su primera bifurcación o ramificación ocurre generalmente en la mayoría de los cultivares cuando la plántula ha logrado una altura de 15 a 20 cm, lugar donde se produce la primera flor, posteriormente se forman de 2 a 3 ramas dicotómicas, las cuales continúan dividiéndose hasta el final del ciclo del cultivo. Los primeros entrenudos formados son más largos (6 a 12 cm promedio), posteriormente se acortan en los siguientes entrenudos formados. De manera general, las plantas de pimiento emiten en cada nudo una hoja y un botón floral, donde el botón se transforma en flor y posteriormente en fruto. La iluminación diaria tiene un efecto mayor que la calidad de la luz y el fotoperiodo. La velocidad de elongación está determinada por la temperatura en mayor medida, mientras que la temperatura baja retrasa el crecimiento y en algunos casos la presencia de temperaturas excesivamente bajas produce tallos delgados. Siendo la temperatura óptima para el crecimiento del tallo de 25 °C (Condés, 2017).

3.3.3. Hojas

Presentan una gran variación en tamaño, forma y color, la mayoría son simples, enteras y simétricas de forma lanceolada u ovalada. Pudiendo ser planas y suaves o corrugadas y pubescentes, de color en lo general verde, aunque en menor medida se encuentran de tipo púrpura, variegadas y amarillentas. La hoja tiene una marcada función en la fotosíntesis y la respiración-transpiración de la planta, por lo que su número y tamaño influye directamente en el desarrollo de la misma planta y en la fructificación. Cabe mencionar que un área foliar excesiva es contraproducente ya que también aumenta la concentración de sustancias inhibitoras en vez de la presencia de sustancias para la floración. Así como un área foliar insuficiente limitará la producción fotosintética y por consiguiente el crecimiento de la planta (Saavedra *et al.*, 2019).

Condés (2017) afirma lo siguiente:

Se hace muy necesario el control de la aportación nitrogenada en el tiempo, cuantitativa y cualitativamente, debido a que un exceso en la misma nos producirá un aumento del crecimiento vegetativo y un deficiente desarrollo floral, retardando o inhibiendo la formación de las flores o incluso la caída de las mismas. Un déficit de nutrición nitrogenada

nos origina una exuberante floración, exceso de cuaje, agotamiento prematuro de la planta y muy deficiente calidad comercial. (p. 473).

3.3.4. Flor

Suelen desarrollarse una por nudo, aunque en ocasiones pueden presentarse más de una, a manera de pares o en racimos más numerosos. Las flores de pimiento son hermafroditas, y están unidas al tallo por el pedúnculo de 1 a 2 cm de longitud. El cáliz está constituido por 5 a 8 sépalos, mientras que la corola está conformada por 5 a 8 pétalos soldados en la base. La mayoría de las accesiones necesitan un mínimo de temperatura diurna de 10 horas, pero el factor externo más importante que determina la diferenciación floral es la temperatura nocturna. La permanencia de la planta a bajas temperaturas nocturnas de 6-12 °C durante 2-4 semanas favorece la formación de un gran número de flores. El androceo está conformado por 5-8 estambres, donde en el extremo superior se desarrollan los sacos polínicos, mientras que el gineceo está formado por 2-4 carpelos soldados, consta de un ovario con presencia de nectáreos en su parte basal (Condés, 2017).

En el caso que exista un déficit hídrico en la etapa de floración se puede afirmar lo siguiente bajo la experiencia en chile habanero (*Capsicum chinense*) en la que el déficit hídrico reduce la floración, presentando un efecto negativo de 46-65% a comparación de las plantas sometidas bajo un riego en condiciones normales de manejo (Moreno, 2013).

3.3.5. Fruto

Es una baya constituida por un pericarpio grueso y jugoso y un eje formado por una placenta central en la que se encuentran las semillas, en esta zona presenta una vesícula donde se producen las oleorresinas y capsicinoides. Sin embargo, su principal función es de alimentar a las semillas durante su desarrollo. Temperaturas diurnas superiores de 30 °C desfavorece el porcentaje de fecundación, aumentando progresivamente mientras baja la temperatura hasta los 16 °C. Temperaturas menores a 16 °C también comprometen la fecundación, acompañados de una humedad relativa baja, provoca la caída de flores y frutos recién cuajados. La forma de los frutos se puede clasificar en pungentes y no pungentes, lo cual se manifiesta por la presencia o no de capsicina. La tasa de cuaja de los frutos está

negativamente relacionada con el número de frutos que se desarrollan de manera simultánea. Siendo los primeros frutos formados (provenientes de las primeras flores) los que presentan mayor tamaño y de un color en la madurez y una pungencia más intensa (Saavedra *et al.*, 2019).

Condés (2017) afirma lo siguiente:

Los colores, por su parte, también presentan gran diversidad. En los frutos inmaduros la gama va desde pálidos verdes casi blancos hasta los más intensos verdes casi marrón. En los frutos maduros la diversificación se aglutina en dos grandes grupos, amarillos y rojos en todas las gamas de tonalidades que pasan por el naranja y, en ciertas variedades, llegan a un rojo tan intenso que se convierte en violeta-marrón. (p. 475).

3.3.6. Semilla

Condés (2017), nos dice que “La semilla es aplastada hemidiscoïdal de superficie lisa, sin pubescencia, con un lado más recto que es donde se encuentra el hilo o cicatriz al desprenderse de la placenta” (p. 474).

3.4. Fenología del cultivo

El estudio de los fenómenos biológicos que se desarrollan a cierto ritmo periódico como el crecimiento vegetativo, brotación, madurez de los frutos, etc. Todos estos fenómenos se relacionan con el clima de la zona donde se encuentre el cultivo (Fournier, 1978; citado en Infoagro, 2017).

3.4.1. Germinación

La semilla de pimiento en general carece de latencia, por lo tanto, solo necesita para su germinación oxígeno, temperatura y agua. La germinación y emergencia es lenta, siendo las temperaturas óptimas para su desarrollo, comprendidas en el rango de 20-30 °C. Con temperaturas mayores a 35 °C se inhibe la germinación. La testa (cobertura de la semilla) y el endospermo constituyen dos barreras para la emergencia de la radícula, que son las causas

de la germinación lenta. Mientras que el ácido giberélico en forma natural o artificial promueve el desarrollo de la radícula (Pino, 2018).

3.4.2. Desarrollo vegetativo

La tasa de crecimiento durante el desarrollo de la plántula es lenta, la temperatura una vez más influye de manera directa en el desarrollo de la misma, es por eso que presenta menor área foliar si lo comparamos por ejemplo con el desarrollo foliar del tomate bajo las mismas condiciones ambientales y manejo. La temperatura ideal diurna para un óptimo desarrollo vegetativo va en el rango de 25-27 °C y temperatura nocturna va en el rango de 18-20 °C. Las hojas se mantienen fotosintéticamente activas hasta las fases tardías del crecimiento del fruto (característica diferencial en relación a otros cultivos) (Pino, 2018).

A partir de la sexta a la octava hoja, la tasa de crecimiento del sistema radicular se reduce gradualmente, mientras que la del follaje y de los tallos se incrementan, las hojas alcanzan el máximo tamaño, el tallo principal se bifurca y a medida que la planta crece, ambos tallos continúan creciendo y ramificándose (Orellana *et al.*, 2000; citando en Huamán, 2016).

3.4.3. Floración y cuajado

La etapa de floración ocurre generalmente en la mayoría de los casos cuando el cultivo tiene entre 8 a 12 hojas verdaderas, iniciando con la primera flor en la bifurcación del tallo principal, denominado horqueta o cruz. Las plantas de pimiento tienen la peculiaridad de abortar una gran cantidad de flores o frutos recién cuajados, a esto se le conoce como “abscisión floral” o “caída de flor”, registrándose de 8 a 25% de flores cuajadas. Se mencionan algunos factores que intervienen en el porcentaje de cuajado, entre las principales causas del problema se encuentran el número de frutos ya formados (rápido crecimiento del fruto reduce el cuaje de las próximas flores), el número de ramificaciones de la planta, el número de días de iniciado la floración, el nivel hormonal que posea (auxinas presentes en los meristemos apicales promueven el cuajado), factores ambientales como la luz (3000 luxes mínima requerida para la floración normal) y temperatura diurna (20-25°C) y nocturna (16-18°C) son óptimas para la floración y por encima de 35°C provoca la caída de estas. Se atribuye también condiciones de altas fertilizaciones nitrogenadas, promoviendo un

desarrollo vegetativo exuberante y condiciones de estrés hídrico genera etileno en la planta que provoca la reducción de la translocación de auxinas al pedicelo, formándose una capa de abscisión que hace caer la flor o al fruto recién formado (Pino, 2018).

Otros autores han afirmado lo siguiente:

Por una parte, una escasa cantidad de polen en el estigma puede reducir o no el cuaje de frutos, sin embargo, un incremento de granos de polen aumenta el número de semillas por fruto. Por otra parte, los frutos con elevado número de semillas tienen un efecto inhibitorio sobre aquellos con menor cantidad de semillas que cuajan con posterioridad. (Gaviola, 2020).

Algunos cultivares de pimiento tienden a tener un crecimiento vegetativo excesivo y una caída completa de flores y frutos en las primeras ramas florecientes. Esto puede deberse a que el nitrógeno está relacionado a la síntesis de proteínas y clorofila, influyendo directamente en el crecimiento y desarrollo de la planta. En términos generales se puede afirmar que el pimiento responde bien al nitrógeno, pero que un exceso de este, puede ocasionar una sobre estimulación en el crecimiento de las plantas, además de frondosas, pero con muy pocos frutos (Saavedra, 2019).

3.4.4. Desarrollo de fruto

Después de la floración y del cuajado del fruto, estos últimos empiezan a desarrollarse, consiguiendo en este periodo una acumulación de materia seca en la fruta a un ritmo constante en todo el desarrollo del mismo. La temperatura diurna óptima para el crecimiento de la fruta ocurre de 21°C. Las malformaciones del fruto se pueden deber a temperaturas desfavorables altas (mayores a 35 °C) o bajas (12-15 °C) durante la formación del ovario (Pino, 2018).

3.4.5. Maduración

A los 110 días después del trasplante (DDT) se obtienen los primeros frutos verdes aproximadamente, los cuales ya no crecerán por que alcanzaron su máximo desarrollo de tamaño. El cambio de coloración ocurre aproximadamente a los 125 DDT dando inicio a las

primeras cosechas. Cabe mencionar que las cosechas son continuas y escalonadas, salvo que haya algún contratiempo por razones climáticas (heladas) o por razones económicas (bajo precio) (Berríos *et al.*, 2007; citados en Huamán, 2016).

3.5. Importancia del pimiento a nivel mundial

Un aumento creciente en el consumo de esta hortaliza en la población mundial se debe a la preferencia del consumidor de optar por productos de menor contenido de carbohidratos y grasas saturadas, mayor contenido de fibra, vitaminas y antioxidantes. El consumo de pimientos frescos de colores rojos, anaranjados, amarillos y morados, y de productos procesados derivados de estos, se basa la alimentación de un porcentaje alto de la población mundial. El fruto de pimiento está considerado como una fruta de bajo aporte calórico ya que está conformado en un 90% de agua (Redagricola, 2017). Otra característica que hace que el consumo de esta fruta sea cada vez más popular se debe al auge de la cocina étnica y a la búsqueda constante de consumidores por probar nuevos sabores y productos.

El continente que mayor superficie destina para la producción de pimiento es Asia, mientras que China e India son los principales productores. La producción de pimiento a nivel mundial se desarrolla principalmente en el continente asiático, usado principalmente en la elaboración de platos orientales tradicionales, teniendo como ingrediente indispensable y principal al “chile dulce”, además en ciertas estaciones del año para poder satisfacer la demanda en su consumo, los países de este continente importan esta hortaliza en fresco provenientes de la Unión Europea (de los países no Mediterráneos), y los EE. UU (Cartagena, 2004). Mientras que el segundo continente de mayor superficie destinada para la producción es África.

FAO (2012) citado en Pino (2018) indica lo siguiente:

En Europa existe una gran producción de pimiento, especialmente de pimientos dulces para consumo en fresco. En América, se destaca la producción de México con 168.632 ha cultivados con pimientos secos y verdes, Estados Unidos con 31.000 ha cultivadas con pimientos verdes, y le siguen Argentina, Chile y Venezuela. Argentina es el principal productor en Sudamérica, ocupando una superficie que varía año a año de 6000 a 3000 ha.

Durante el año 2012 FAO estimó una superficie de 6700 ha cultivada de pimientos verdes y 2500 ha de pimiento para secado (p.11).

El pimiento es fuente de capsaicina que es la sustancia que le brinda propiedades de pungencia, aunque esta sustancia está ausente en los pimientos dulces. Hay que considerar además que el contenido nutricional del pimiento es alto en comparación a otros frutos: Presenta un alto contenido de vitamina A y C, conteniendo además vitaminas B1 y B2, siendo los pimientos rojos la mejor fuente de vitamina A especialmente en frutos secos, mientras que los frutos dulces en fresco son mejor fuente de vitamina C (Pino, 2018).

En la Tabla 1 se puede observar un comparativo de la composición química y valor nutritivo del pimiento dulce y el pimiento picante. En la cual se puede determinar que el pimiento picante muestra mayores valores en cada ítem de comparación, salvo en el ítem “Vitamina C”.

Tabla 1: Composición química y valor nutritivo de pimientos dulces y picantes por 100 gr comestible

Composición	Pimiento dulce	Pimiento picante
Materia seca (%)	8	34.6
Energía (Kcal)	26	116
Proteína (g)	1.3	6.3
Fibra (g)	1.4	15
Calcio (mg)	12	86
Hierro (mg)	0.9	3.6
Carotenos (mg)	1.8	6.6
Tiamina (mg)	0.07	0.37
Riboflavina (mg)	0.08	0.51
Niacina (mg)	0.8	2.5
Vitamina C (mg)	103	96
Valores nutritivos medios (ANV)	6.61	27.92

(Grubben, 1997, citados en Pino 2018)

Nota. Esta tabla muestra el comparativo entre el pimiento dulce y el pimiento picante en base a su composición química y valor nutritivo.

3.6. Importancia del pimiento en el Perú

El cultivo tomó mayor protagonismo en el Perú a partir de la década de los 90 con fines de exportación, iniciando en la región de Ica en Villacurí y posteriormente extendiéndose a lo largo de la costa peruana, en la actualidad las regiones con mayor área sembrada son: Lambayeque, Trujillo, Lima, Pasco y Tacna. Cabe mencionar que esta expansión se dio gracias a que en la costa peruana presenta las condiciones ambientales idóneas para el desarrollo del cultivo, entre los que destaca el pimiento morrón como la variedad de mayor volumen cosechado, con más de 61 mil toneladas producidos siendo la región Lambayeque la principal zona productora y de mayor superficie cosechada de capsicum a nivel nacional (ADEX, 2018).

Actualmente los principales destinos del pimiento peruano exportable son: Estados Unidos con 27319 toneladas representando 41% de participación, España con 16385 toneladas representando 29% de participación y México con 4608 toneladas representando 8% de participación. Los principales productos enviados a Estados Unidos y España fueron el pimiento rojo, la paprika, el morrón y el piquillo, siendo la principal presentación exportable las procesadas (conservas y las pastas) que representaron aproximadamente el 80%, mientras que en México los productos principalmente exportados son la paprika y el morrón siendo la presentación más importante como fruto en fresco (Redagricola, 2020).

3.7. Semilla híbrida

Un híbrido adquiere las mejores características/rasgos de sus progenitores, obteniendo así un comportamiento superior ante problemas que se presentan en la producción del cultivo. Algunas condiciones como: la falta de conocimiento en las metodologías y parámetros para la producción comercial de semillas híbridas son los principales problemas que lo limitan. Siendo uno de los procesos más complicados la emasculación a mano, que ocurre en la etapa de polinización dirigida (Batres, 2015).

3.7.1. Importancia a nivel mundial

Las semillas son la unidad básica de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen. Es el mecanismo por el cual las

plantas perduran generación tras generación. En todo cultivo es imprescindible tener en cuenta la calidad de la semilla para aumentar el éxito de la producción. Las semillas son el punto de partida para la producción y es indispensable que tenga una buena respuesta en las condiciones de siembra y que produzca plántulas vigorosas, para alcanzar el máximo rendimiento. A inicios del siglo XIX los agricultores dependían exclusivamente del autoabastecimiento de semillas, realizando trabajos de selección de materiales de sus cultivos de importancia. Finalizando la segunda guerra mundial se vio necesario intensificar la producción agrícola, incrementando y mejorando en cantidad y calidad de las semillas. En la actualidad en el mundo se ha desarrollado y dominado la industria semillera gracias a las grandes inversiones e investigaciones propias a las demandadas por esta actividad. Países como Francia, Japón, Holanda, Inglaterra, Canadá e Israel poseen la mayor variabilidad genética para la próxima creación de nuevas variedades e híbridos, ostentando el dominio del comercio de semillas (Doria, 2010).

Desde la década de 1980, las compañías de semillas se vieron beneficiadas porque se les permitió patentar la genética de sus propias semillas, dando como resultado una garantía en las especies contenidas en cada semilla al tener una gran calidad, además de características únicas en comparación con las semillas que no lo son, entre las principales ventajas y/o beneficios de las semillas híbridas son las siguientes: resistencia a plagas y enfermedades, uniformidad en la altura de planta, crecimiento y madurez, mayor rendimiento y calidad, crecimiento más rápido, lo que se traduce en mayor productividad. Es por eso que el desarrollo de semillas híbridas ha generado grandes avances en la productividad y calidad de los cultivos a nivel mundial y se considera que aun viene en aumento este crecimiento, que beneficia al productor que adquiere estas semillas híbridas puesto que su implementación se traduce en la reducción de costos de producción. Cada vez los avances científicos aportan mayores recursos para quienes la implementen, pudiendo obtener cada vez mejores resultados año tras año (Geneseeds, s.f.).

3.7.2. Importancia en América Latina

América Latina es una región que posee una gran riqueza ambiental, cultural y social, con sistemas variables de agricultura según sus condiciones de producción, cultivos, y factores culturales, económicos y políticos. El sector semillero en esta región se caracteriza por una

fuerte expansión y crecimiento en las últimas décadas, gracias al desarrollo de la biotecnología asociada en el mejoramiento fitogenético y la globalización del comercio de semillas, bajo este marco en varios países se establecieron multinacionales y se crearon pequeñas y medianas empresas productoras de semillas; y de manera paralela, la apuesta en la inversión, en investigación y el desarrollo, han sido los principales factores del fortalecimiento de estas empresas en los últimos años. Por otro lado, los nuevos nichos comerciales para semillas de alta calidad y bien adaptadas impulsan el desarrollo de empresas privadas dedicadas a producción y/o investigación de este insumo. Los países de esta región han trabajado implementando y adoptando estándares internacionales en términos de producción, calidad, comercialización y protección de variedades vegetales; como en el caso de las normas establecidas por la Unión Internacional para la Protección de Obtentores de Variedades Vegetales (UPOV), la creación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA) y convenios y tratados internacionales de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). A pesar de estos esfuerzos, diferentes estudios y reportes muestran que alrededor de 70% y 90% de los cultivos en países en desarrollo se siembran con variedades locales y semillas de autoabastecimiento o adquiridas de sistemas informales (Arenas *et al.*, 2015).

3.7.3. Producción de semillas híbridas de hortalizas en el Perú

El uso de semillas híbridas en el país aún es bajo, alrededor del 90% de las semillas provienen de sistemas informales, los cuales son sostenidos por pequeños agricultores en sistemas de agricultura familiar que resguarda la diversidad genética del germoplasma en el país. El desarrollo del sistema de producción de semillas en Perú está considerado como en expansión, ya que se caracteriza por estar fomentado por empresas de producción de semillas e inversión en investigación, en este caso se presenta un mayor desarrollo del sector semillero en cultivos de valor económico y en zonas agrícolas productivas (generalmente en la costa), mientras que en zonas menos desarrolladas con predominio de pequeños agricultores aún se presenta una fuerte influencia del sector informal de semillas. El Perú presenta un crecimiento en la producción de semillas, especialmente en cultivos de valor comercial, y los cultivos andinos presentan un potencial en la producción gracias al creciente interés mundial por sus cualidades nutricionales. Para aprovechar este potencial, se debe

promover el uso de semillas de calidad, capacitar a los agricultores en producción, manejo y comercialización de semillas, incentivando la formación de asociaciones y/o empresas de semilleras de cultivos. Adicionalmente se deben establecer alianzas público-privadas que garanticen la inclusión de todos los actores. Una de las oportunidades de fortalecimiento para el desarrollo de la competitividad es la asociatividad y la articulación de los actores del sistema (Arenas *et al.*, 2015).

3.7.4. Producción de semillas híbridas de pimiento

La semilla híbrida de pimiento está muy extendida en todo el mundo, por lo que se puede afirmar que prácticamente todos los cultivos protegidos de esta especie se elaboran con este tipo de cultivares. Esterilidad masculina genética o esterilidad genético-citoplasmática se utiliza para buscar abaratar los costos de producción de este tipo de semilla. Sin embargo, una proporción significativa de la semilla de pimiento híbrido se produce por emasculación de las líneas madre, seguida de polinización manual con polen recolectado de líneas padre (Gaviola, 2020).

3.8. Fertirriego

Consiste en la aplicación de una solución nutritiva a partir de fertilizantes solubles en agua, aplicada a través del sistema de riego a presión, creando así una solución nutritiva (Intagri, 2017). Esta técnica es importante ya que permite entregar la solución más directa y rápida al sistema radicular del cultivo, alcanzando un mayor aprovechamiento de los fertilizantes suministrados.

3.8.1. Importancia y ventajas del riego por goteo en hortalizas

El riego por goteo es un sistema presurizado donde el agua se conduce y distribuye por mangueras o cintas de plástico que requieren presión, generalmente se instalan cerca de la zona radicular de las plantas. Desde el punto de vista agronómico, se denominan riegos localizados porque humedecen un volumen del suelo donde se encuentra el gotero. También se lo denomina de alta frecuencia, lo que permite regar desde una a dos veces por día, todos

o algunos días, dependiendo del tipo de suelo, estado fenológico y necesidades hídricas del cultivo (Liotta *et al.*, 2015).

Un sistema de riego por goteo bien diseñado pierde muy poca agua porque hay poco escurrimiento, evaporación o percolación. Es posible diseñar y manejar un sistema de riego por goteo de tal manera que el área entre hileras se mantenga seca, permitiendo así operaciones de tractores en cualquier momento. Esto facilita la aplicación de herbicidas, insecticidas y fungicidas en el momento más oportuno. Con un buen programa de riego que cubra las necesidades de las plantas, es posible aumentar el rendimiento y la calidad de la cosecha. Se han observado aumentos en rendimiento y calidad de cebolla, lúpulo, brócoli, coliflor, lechuga, melón, tomate, algodón y otros cultivos. Bajo esta tecnología de riego gota a gota existe menos contacto del agua con el follaje, los tallos y los frutos, existiendo menos condiciones para que se desarrollen ciertas enfermedades en las plantas como: *Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora* o *Ralstonia* por citar algunas de estas. Después de cambiar de un sistema de riego por gravedad a un sistema por goteo, a menudo hay que reducir la cantidad de nitrógeno aplicado para evitar que las plantas produzcan demasiado follaje, además el uso de fertilizante es más eficaz, y a menudo es posible usar menos insecticida. Traduciéndose a un mediano plazo en el ahorro de los insumos ya mencionados. Hay que considerar que los fertilizantes que contienen sulfatos, fosfatos, calcio, amonio anhidro o amonio acuoso pueden formar precipitados sólidos dentro de las mangueras de goteo, y éstos pueden obstruir los emisores (Shock y Welch, 2013).

3.8.2. Importancia de la nutrición en la producción de pimiento

La fertilización de los cultivos es una práctica agronómica importante que permite conseguir producciones elevadas y de calidad, teniendo como objetivo principal la restitución de nutrientes que la planta extrae del suelo para completar su ciclo de desarrollo y además de volver a enriquecer el suelo con los nutrientes que éste poseía. Se considera que una planta se encuentra en condiciones óptimas de nutrición cuando todos estos elementos esenciales se encuentran en equilibrio. Con respecto al cultivo de pimiento se ha determinado el estado nutricional de las plantas mediante el diagnóstico visual del follaje y frutos, teniendo una enorme importancia práctica ya que se realiza de manera directa, rápida y nada costosa, no obstante, se debe de considerar que este diagnóstico no es definitivo, debiéndose realizar

también un análisis foliar, contribuyendo a aumentar la seguridad en la evaluación del estado nutricional del cultivo (Marschner, 2012).

Si uno o varios de los elementos están en deficiencia o en exceso en la solución suelo, ocasiona un desequilibrio que acaba interfiriendo con la normal utilización y disponibilidad de otros nutrientes en mayor o menor medida. En el caso de pimiento se ha registrado lo siguiente: La deficiencia del nitrógeno se inicia con la pérdida de la tonalidad verde de toda la planta, seguida por la caída de flores, paralización del desarrollo apical, presencia de puntuaciones negras y caída de las hojas viejas. La deficiencia de fósforo se evidencia con la presencia de una coloración verde oscura y una coloración purpúrea en la nervura del envés en las hojas, seguida de la caída de flores, acucharamiento de las hojas nuevas, paralización del crecimiento, decoloración del limbo y aparición de manchas blanquecinas en las hojas viejas, además de la abscisión de las mismas. La deficiencia de potasio empieza con una clorosis internerval en el limbo de las hojas jóvenes, seguida por la necrosis en los bordes de las hojas, clorosis internerval en hojas viejas, paralización del desarrollo apical, aparición de manchas blanquecinas y necrosis acentuada en la región internerval en las hojas. El síntoma de la deficiencia de calcio se identifica, principalmente por la ocurrencia de frutos con pudrición apical. El síntoma de la deficiencia de magnesio se manifiesta principalmente por la aparición de una clorosis en las hojas ubicadas en el tercio medio de la planta, expandiéndose posteriormente hacia las hojas más viejas (Silva *et al.*, 2017).

3.8.3. Déficit hídrico en pimiento

El agua es un componente fundamental para la vida, tanto para seres humanos, animales y plantas. Los cultivos en muchos de los casos están sometidos a diferentes problemas por déficit de agua, siendo este uno de los principales problemas actuales en el sector agrícola. El estrés hídrico se produce cuando el agua transpirada es mayor a la absorbida, a consecuencia el cultivo detiene su crecimiento y aceleran su desarrollo antes de sucumbir (Zamudio, 2013).

Algunos cultivos son más sensibles a los cambios en la disponibilidad de agua. Uno de ellos es el pimiento (*Capsicum annuum* L). Cultivada como planta anual con frutos dulces o picantes según la especie. Se caracteriza por ser una solanácea de raíces poco profundas, con

baja capacidad de regeneración y con una alta demanda de agua durante las épocas de calor. Esta especie tiene un sistema radicular reducido que es sensible tanto al exceso como a la falta de agua (FAO, 2002). El déficit hídrico conduce a muchos cambios fisiológicos, como la alteración en la relación raíz-brote, la reducción del área foliar y el número de hojas, finalmente se reduce el crecimiento y el rendimiento de las plantas. Numerosos estudios muestran que el agua de riego es un factor limitante importante para el rendimiento de los cultivos, ya que está asociada con muchos factores en el entorno vegetal que influyen en el crecimiento y desarrollo. La disponibilidad de la cantidad adecuada de humedad en las etapas críticas del crecimiento de las plantas no solo optimiza el proceso metabólico en las células vegetales, sino que también aumenta la eficiencia de absorción de los nutrientes minerales. Por lo tanto, cualquier grado de estrés hídrico puede afectar negativamente el crecimiento y el rendimiento de los cultivos (Saif *et al.*, 2003; citado en Dalmaso, 2016).

Otros reportes afirman lo siguiente:

El rendimiento disminuye a medida que la nutrición o la humedad aprovechable se reduce, como una respuesta fisiológica ante esta condición, indicando esto último que la translocación de asimilados hacia los frutos disminuye a medida que aumenta el déficit de agua. (Pire y Colmenarez, 1994; citado en Zamudio, 2013, p. 3).

Sin embargo, no todas las etapas del ciclo de cultivo son igualmente sensibles al estrés hídrico. Por ejemplo, la etapa sensible al déficit hídrico ocurre durante el crecimiento del bulbo en la cebolla (*Allium cepa*), durante el crecimiento y maduración en la col (*Brassica oleracea*), al inicio de la etapa de floración en el pimiento (*Capsicum annuum*), durante la etapa vegetativa, floración y formación de sandía (*Citrullus lanatus*) y en la etapa de floración del tomate (Doorenbos y Kassam, 1979; citado en Dalmaso, 2016).

3.8.4. Riego deficitario controlado en la producción de pimiento

Es por ello que nació la técnica del riego deficitario controlado (RDC), basada en la idea de reducir el suministro hídrico en las etapas fenológicas en que un déficit hídrico parcial no afecte significativamente la producción y/o la calidad del producto comercial obtenido. De esta forma, existe un interés creciente por RDC, porque permite un importante ahorro de

agua en zonas donde el factor hídrico es una limitante, aumentando así la eficiencia en el uso del agua (EUA) para los cultivos, admitiendo un cierto nivel de estrés hídrico durante determinados periodos del ciclo de la planta (Rázuri *et al.*, 2008; citado en Dalmaso, 2016).

Se debe de considerar que el RDC difiere de un estrés hídrico natural ya que el objetivo del riego deficitario controlado busca someter al cultivo a un ligero estrés en toda la etapa fenológica o en una etapa puntual de la misma en la cual la producción final no se vea afectada. También debe tenerse en cuenta que algunos autores han afirmado que el momento de riego es más importante que la cantidad total de agua aplicada. Demostraron que cuando las plantas se riegan con una cantidad limitada de agua al inicio de su crecimiento, crecen mejor y aumenta su eficiencia fotosintética. Observando también que el exceso de agua en las primeras etapas de crecimiento (poco después del trasplante) provocó la caída de flores y una disminución del rendimiento (Goldberg *et al.*, 1976; citado en Dalmaso, 2016).

Diferentes investigaciones muestran una respuesta productiva negativa en el rendimiento del cultivo si es que se aplica un RDC a lo largo de todas las etapas fenológicas o si es que se aplica el RDC parcial, puntualmente en las etapas fenológicas de cuajado y maduración. Mientras que la aplicación del RDC netamente en la etapa fenológica de desarrollo vegetativo no muestra un efecto significativo en los rendimientos finales (Abdelkhalik *et al.*, 2019).

Polón *et al* (2013) afirman lo siguiente bajo su experiencia en el cultivo de frijol:

Al someter al cultivo de frijol a un estrés hídrico en la fase vegetativa en la variedad Tomeguín 93 de color negro, se incrementa el rendimiento en granos, el número de vainas por planta y la masa seca por planta con un menor consumo de agua respecto al tratamiento testigo (riego normal), los granos de frijoles con estrés presentaron un color más brillante respecto al testigo. (p. 60-64).

Un manejo racional del recurso hídrico durante el desarrollo del cultivo permite varios beneficios: mejora la producción, la calidad y el calibre de la fruta y la vida postcosecha de la misma, una mejor eficiencia en la utilización del recurso hídrico, un mejor uso de energía y la rentabilidad (Ferreya *et al.*, 1998; citado en Lagos, 2017).

3.9. Tensiómetros

Es un sensor utilizado en la agricultura para medir el esfuerzo que las raíces deben realizar para extraer la humedad del suelo (Irrometer, s.f.). Importante en la decisión de efectuar un riego.

3.9.1. Partes

Los tensiómetros convencionales están conformados por cinco partes, por un tubo-deposito impermeable, en cuyo extremo inferior se encuentra una cápsula porosa, además cuenta con un vacuómetro graduado en centibares (cb), una cámara de reserva y una tapa con rosca en la parte superior del tensiómetro, en la cual en su interior esta provista de un tapón de neopreno. La cápsula porosa es de cerámica que permite la circulación desde el agua del suelo al tensiómetro o viceversa, necesario para identificar la disponibilidad del agua del suelo según la lectura de la tensión reflejada al vacuómetro, es importante indicar que la superficie de la punta de la cerámica debe tener un contacto directo con el suelo y este debe colocarse preferentemente en la profundidad donde se produce el máximo desarrollo radicular del cultivo, considerando que los tensiómetros mayormente usados en la horticultura son de 15, 30, 45 cm de longitud. (Centro de Investigación Aplicada y Tecnología Agroalimentaria, 1998).

En la Figura 1, se puede observar las 5 partes descritas y su ubicación exacta en la estructura del tensiómetro, además de las condiciones para que cada una de estas pueda funcionar de la mejor manera.

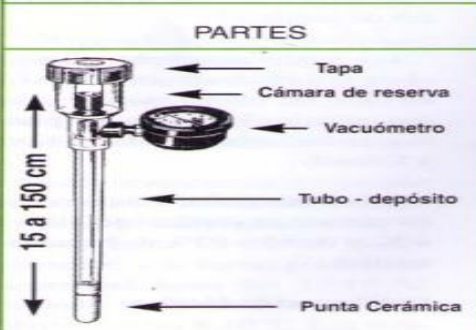
PARTES	CONDICIONES PARA SU BUEN FUNCIONAMIENTO
	Perfectamente cerrada
	Llena de líquido
	Control periódico
	Verificar ausencia de aire en su interior
	Buen contacto con el suelo y bien saturada de agua

Figura 1: Partes del tensiómetro convencional

Nota. Condiciones necesarias para que en cada parte del tensiómetro opere de la mejor manera. Tomado de *Manejo del riego con tensiómetros* [Fotografía], CIATA, 1998, <http://www.serida.org/pdfs/270.pdf>

3.9.2. Importancia en la agricultura

El tensiómetro agrícola favorece en la toma de mejores decisiones al momento de realizar el riego, muchas personas relacionadas a la agricultura mejoran sus técnicas al ejecutar esta labor, después de comprender a interpretar las lecturas del vacuómetro, regando cuando estas son altas. En muchas otras ocasiones se realizan riegos innecesarios lo que perjudica al cultivo por abusar en el suministro de agua, traducéndose en encharcamientos, asfixia radicular, desarrollo de enfermedades, aborto de flores y desperdicio de agua etc. Cuando el suelo pierde humedad, el líquido del tubo o depósito tiende a salir de este a través de la cápsula porosa, con lo que desciende el nivel de agua en su interior y se genera un vacío relativo en la parte superior del tensiómetro, que es registrado por el vacuómetro, mientras más seco se encuentre el suelo, mayor serán los valores registrados por el vacuómetro. Caso contrario mientras se humedezca el suelo como consecuencia de la lluvia o el riego, el tensiómetro vuelve a absorber la humedad del suelo disponible con lo que se reduce la tensión y el vacuómetro señala un valor inferior, pudiendo llegar hasta un valor de cero, lo que indicaría que el suelo se encuentra en capacidad de campo (Ferreira, 2005). Por lo que cada vez que se visita la parcela conviene comprobar que el nivel de agua del tensiómetro se encuentra dentro de un rango aceptable y que las lecturas de los vacuómetros son lógicas con las condiciones de humedad del suelo. Periódicamente, hay que renovar el agua del tensiómetro y sustituirla por agua desgasificada nueva.

3.9.3. Momento y duración del riego

El manejo del riego utilizando los tensiómetros convencionales es un método práctico y fácil de aplicar, pero no se debe generalizar, ya que las lecturas de la tensión deben de interpretarse según la textura del suelo. La duración del riego depende básicamente del tiempo que tarda el agua en llegar a la zona donde exista el mayor desarrollo de la actividad radicular del cultivo, lugar donde deberá estar instalada la cápsula porosa del tensiómetro. El tensiómetro puede ayudar a determinar estos límites (Ferreira, 2005). Por ejemplo, en un suelo arenoso, la lectura de las tensiones bajará en un rango de 0-10 cb rápidamente ya que la cápsula de poroso reconoce la presencia del agua suministrada. Indicando que el riego deberá de parar ya que si este continua, será un indicativo de pérdida del recurso hídrico.

Bajo este mismo ejemplo valores de tensiones por encima de 30 cb es un indicador de dar inicio nuevamente al riego.

Otros reportes afirman lo siguiente:

Para determinar el momento óptimo del riego, conviene utilizar algún método que apoye la decisión de regar. El tensiómetro, aunque no alcanza un grado de eficiencia pleno y tiene limitaciones de uso para algunos suelos, se muestra como un instrumento idóneo para orientar al horticultor. (CIATA, 1998).

3.9.4. Interpretación de las lecturas del vacuómetro

Las lecturas de las tensiones deben realizarse de manera diaria y antes del riego, evaluando nuevamente durante el periodo del día donde haya mayor consumo del cultivo (generalmente al medio día).

En la Tabla 2, se puede observar en términos generales que la lectura del vacuómetro en el rango de 0-10 cb corresponden a suelos saturados, la cual no se recomienda ejecutar el riego. Valores de 10-30 cb se consideraría efectuar un riego si es que nos encontramos con un tipo de suelo arenoso. Valores de 30-60 cb se consideraría efectuar el riego en la mayoría de suelos (salvo suelos arenosos). Valores mayores a 60 cb es ideal realizar el riego si se tratase de un suelo arcilloso.

Tabla 2: Guía general para lectura de vacuómetro

Interpretación	Valor mínimo vacuómetro (Cb)	Valor máximo vacuómetro (Cb)
– Suelo saturado	0	10
– Suelo adecuadamente mojado (excepto suelo arenoso)	10	30
– Rango usual para irrigación (mayoría de suelos)	30	60
– Rango usual para irrigación (suelos pesados)	60	100

(Irrrometer, s.f.)

Nota. Esta tabla muestra diferentes rangos de lectura máxima y mínima del vacuómetro y su respectiva interpretación.

IV. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA LABORAL

4.1. Antecedentes

El panorama inicial del proceso de producción de semillas híbridas de pimiento presentaba algunos problemas como: vigor excesivo en plantas, aborto de flores y frutos recién cuajados, presencia de frutos hongueados, gran porcentaje de frutos con blossom, mortandad de plantas, traduciéndose finalmente en la baja producción de semilla híbrida requerida para cumplir con los objetivos de producción de la campaña.

Tras esta problemática se plantearon diferentes estrategias de manejo del cultivo con el ánimo de superar estos inconvenientes en la producción, mejorando todos los procesos involucrados en la misma. El cual, el proceso de fertirriego no estuvo ajeno a estas adaptaciones, cumpliendo un rol importante, no solo en la nutrición del cultivo, sino también en reconocer e identificar los momentos y duración idónea para realizar el aporte hídrico correspondiente según cada etapa fenológica del cultivo. Traduciéndose en mayor cantidad de horas/hombre en campo, mejorar las capacitaciones y charlas, optar por personal técnico mejor calificado, empleo de mejor manera los instrumentos de medición que ya se contaba, entre otras consideraciones. Fue ahí donde se empleó el concepto de riego deficitario controlado, concepto que solo se tenía registros de buenos resultados en la producción de fruta para consumo en fresco de pimiento, pero no bajo el concepto de producción de semilla híbrida.

En un primer momento se ejecutó este concepto en algunas variedades representativas, con el propósito de identificar la respuesta que presentaba el cultivo bajo este manejo, tras algunos aciertos y desaciertos propios al manejo de fertirriego y observando resultados alentadores en la producción de semilla se concluyó que podría funcionar esta nueva tecnología, es cuando se decide replicar esta experiencia de manera general en todas las variedades para la siguiente campaña de producción.

Entre algunas premisas que se consideraron en un primer momento que sirvieron como base para desarrollar la nueva estrategia de manejo, fueron las siguientes:

El tensiómetro convencional es el aliado más importante en identificar el momento y duración del fertirriego, así que se explotó su uso de manera generalizada en todos los campos, llegando a instalarse obligatoriamente y como mínimo 4 pares de tensiómetros por hectárea (1 par de tensiómetros está conformado por 1 tensiómetro de 15 cm y 1 tensiómetro de 30 cm). En el que todo el personal técnico y operario debía comprender su uso e interpretación de las lecturas del vacuómetro, además de realizar una correcta instalación del mismo.

Se prestó mucha atención en generar estrategias en campo en reconocer prioridades de riego según la etapa fenológica que se encontraba el cultivo, por ejemplo: aquellos módulos cuyas variedades se encontraban en floración y en desarrollo de fruto tenían prioridad número uno en iniciar el fertirriego en las primeras horas de la mañana, mientras que aquellos módulos cuyas variedades se encontraban en desarrollo vegetativo y maduración de fruto tenían la segunda prioridad para ejecutar el fertirriego en el día. De la misma manera la distribución del personal técnico concentraba sus esfuerzos en las evaluaciones y supervisiones bajo este mismo criterio durante la jornada laboral.

Por último, se priorizaba en reconocer e identificar de manera oportuna algunos problemas que se presentaban en campo, entre los principales: deficiencias nutricionales, inicios de abortos en flores y frutos recién cuajados, frutos con inicios de blossom, vigor excesivo de plantas, etc. Se realizaba posteriormente la estrategia correspondiente a nutrición y manejo del riego por un periodo de tiempo, finalizando con el seguimiento correspondiente hasta superar estas problemáticas.

4.2. Habilitación del tensiómetro

Se consideró el procedimiento por el fabricante de tensiómetros de la marca Irrometer, además del soporte técnico y recomendaciones del asesor de la empresa proveedora del instrumento.

4.2.1. Acondicionamiento en gabinete

Antes de instalar los tensiómetros en campo, se debe realizar un previo trabajo en gabinete, para que la instalación sea la más adecuada. En un primer momento se debe calentar el agua destilada con ayuda de una hervidora eléctrica, con el propósito de retirar todo el aire que el agua pueda contener, logrando esto a una temperatura mayor a 21°C. Asegurándonos de que al verter el agua en el interior de los tensiómetros se produzcan la mínima cantidad de burbujas de aire. Una vez logrado la temperatura antes señalada se procede a verter el agua a un balde, luego se tiñe el agua destilada con una solución verde anti formadora de algas (dosis de 5 ml/4L de agua), con el objetivo futuro de impedir que se forme este organismo en el interior del tensiómetro y evitar que la punta cerámica se obture una vez que se haya dejado instalado en campo.

Se procede a destapar los tensiómetros de 15 y 30 centímetros desde la parte superior del mismo, se debe tener cuidado en no dañar la cápsula porosa (extremo inferior del tensiómetro) por ser de cerámica, susceptible a ruptura. La solución generada en un primer momento se tendrá que verter en el tensiómetro, completando todo el nivel del tubo-depósito hasta la cámara de reserva del mismo, una vez terminado es importante asegurar que no se haya formado burbujas de aire en el interior. Si se formaron burbujas de aire dentro del tensiómetro, es necesario dar pequeños golpes, pero sin la tapa, para facilitar la salida del aire, esto ayudará a que el instrumento tenga mayor sensibilidad para las próximas lecturas.

Tal como se muestra en la Figura 2, los tensiómetros se deben mantener destapados y sumergidos en un recipiente de agua, procurando cubrir toda la cápsula porosa por al menos 24 horas antes de la instalación en campo. Esta práctica se realiza con el objetivo de saturar con agua los poros de la punta cerámica.

4.2.2. Acondicionamiento en campo

Los tensiómetros convencionales se transportan inmersos aún en el balde con agua. Se determina un lugar representativo dentro del cultivo a trasplantar, ubicándose generalmente



Figura 2: Tensiómetros convencionales sumergidos en balde con agua

Nota. La punta cerámica de los tensiómetros debe saturarse de agua previo a la instalación en campo. Tomado de *Mojado de las puntas* [Fotografía], Irrrometer, sin fecha, <https://www.irrometer.com/pdf/Spanish/Irrrometers/714SP.pdf>

en la mitad del largo de la cama de trasplante. Se procede a abrir un agujero en el suelo con ayuda del tubo de PVC de ½ pulgada, a una profundidad similar al largo de los tensiómetros que se van a usar (15 cm y 30 cm). Estos dos agujeros generados deben ubicarse en el medio de dos goteros y a 5 centímetros por fuera de la cinta de riego. Se procede a generar el vacío con la bomba manual llegando a 80-85 cb en el vacuómetro, una vez finalizado retirar la bomba del tensiómetro con sumo cuidado para que el descenso de la aguja sea suave y no se origine daños. Se retira los tensiómetros del recipiente con agua y se introduce la totalidad del mismo en los agujeros formados, correspondientes cada cual a su respectiva profundidad. Se imprime una pequeña presión hacia abajo en la tapa del tensiómetro asegurándonos que la superficie de la cápsula porosa tenga contacto directo con el fondo del suelo húmedo (riego de enseñó previo).

En la Figura 3, se puede observar la generación de vacío al tensiómetro con la ayuda de la bomba manual. El objetivo es retirar todas las burbujas de aire en el interior del mismo. Posteriormente se coloca el tapón sin exagerar el enroscado y finalmente se registran los primeros valores confiables del vacuómetro a los 30 minutos de instalado el tensiómetro en campo.



Figura 3: Uso de bomba de vacío en tensiómetro instalado en campo

Nota. Previamente se debe destapar el tensiómetro y generar el vacío correspondiente con la bomba manual, eliminando todas las burbujas en su interior. Tomado de *Eliminación de aire* [Fotografía], Irrometer, sin fecha, <https://www.irrometer.com/pdf/Spanish/Irrometers/714SP.pdf>

4.2.3. En riego de enseño (pre-trasplante)

Parte del procedimiento de identificar el tiempo de riego de enseño por cada módulo (antes de instalar el cultivo en campo definitivo), es necesario instalar un par de tensiómetros convencionales de 15 cm y 30 cm cuando el suelo está seco, ya que será de ayuda para monitorear y determinar el tiempo en que la cápsula porosa tiene contacto con el suelo húmedo proveniente del riego de enseño suministrado, registrando así la variación de las lecturas del vacuómetro. Este procedimiento se realiza en todos los módulos, 2 días antes de que se trasplante el cultivo de manera definitiva. A registrarse tensiones de 0-5 cb (después

de iniciado el riego) es un indicador para afirmar que el suelo está saturado y es momento de finalizar con el riego de enseño. Posteriormente se coteja esta información realizando diferentes calicatas a las 2 profundidades ya mencionadas. Es importante indicar además que se tiene identificado los diferentes módulos según el tiempo con la que se registraron las lecturas a 0-5 cb. Confirmando que en los suelos arenosos el tiempo promedio de registro a 0-5 cb (indicando saturación) es menor a comparación a los tiempos de los suelos de textura franco.

4.2.4. Post trasplante y mantenimiento

Una vez trasplantado el cultivo, se procede a colocar los tensiómetros convencionales en las 2 diferentes profundidades (15 y 30 cm). Cada uno de estos deben ubicarse a 5 cm alejado de la cinta de riego y entre 2 goteros. Una vez instalados, se procede a tomar la lectura de manera diaria, procurando que se realice a la misma hora del día. Cuando existen incongruencias entre la relación lectura del vacuómetro vs percepción visual y del tacto sobre la humedad de suelo, se procede en un primer momento a expulsar las posibles burbujas generadas en el interior del tensiómetro con ayuda de la bomba de vacío, cabe mencionar que es común en la etapa fenológica de desarrollo vegetativo que se pierda rápidamente la solución alguicida del interior del tensiómetro ya que en este periodo se aplica el riego deficitario controlado (según estrategia de manejo del fertirriego para esta etapa), encontrándose con un suelo seco y capaz de absorber esta humedad que traspasa la cápsula porosa, es por eso que el personal técnico debe de informar estos acontecimientos para poder reponer el líquido faltante. Mientras que en la etapa fenológica de floración y desarrollo de fruto estas problemáticas se reducen considerablemente ya que el cultivo es fertirrigado en la mayoría de los casos de manera diaria, por consiguiente, el suelo se encuentra lo suficientemente provisto de agua como para que no haya este traspaso de la solución alguicida del tensiómetro al suelo a través de la cápsula porosa.

Cuando persisten las incongruencias en la relación lectura del vacuómetro vs percepción visión y del tacto del suelo a pesar de haber hecho mantenimiento a los tensiómetros en varias ocasiones, se reemplaza por otra unidad de tensiómetro, que guarde mejor relación según los registros ya establecidos con anterioridad.

4.2.5. Identificación de tensiómetros en campo y registro de valores

Después de trasplantar el cultivo y colocados el par de tensiómetros se procede a instalar unos banderines de madera, que cuenta con una porción de plástico de color amarillo en el extremo superior. Dicho banderín se coloca en el medio del ancho de la cama, cercano a la ubicación de los tensiómetros con el objetivo de identificar de manera eficiente la posición de los mismos en el campo, optimizando el factor tiempo para todo personal técnico que necesite revisar las lecturas.

Todos los valores brindados por el instrumento de medición son registrados en la cartilla de fertirriego ubicada al ingreso del módulo. Si es que el personal técnico en su revisión diaria de los tensiómetros identifica incongruencias en la lectura del mismo, procede a realizar el mantenimiento y colocara en la cartilla el término “mantenimiento”. Al día siguiente se procede a registrar el valor que muestra el vacuómetro con una lectura que guarde una relación más real.

4.2.6. Rango de valores del vacuómetro establecidos por etapa fenología

En la etapa fenológica de desarrollo vegetativo se aplica el riego deficitario controlado, con el objetivo principal que el cultivo “gaste” gran parte de su energía en emitir mayor cantidad de raíces secundarias funcionales y profundizar en el perfil del suelo en búsqueda de agua disponible, en vez que use esta energía en desarrollar mayor área foliar. En esta etapa del cultivo se considera crítica puesto que se le exige a las planta al máximo y es cuando el personal técnico cumple un rol importante en decidir hasta cuando soportará con el déficit hídrico establecido, pero sin llegar al agotamiento irreversible, es por eso que se debe monitorear el estado de la misma todos los días y en diferentes horas del día, generalmente a las 9:00 a.m. (para saber cómo amaneció el cultivo) y al medio día (debido a la mayor evapotranspiración), se debe considerar las posibles reacciones que presenta la planta ante el estímulo hídrico adverso, como: marchitez parcial, defoliación de hojas basales y leve clorosis en algunos casos, es por eso que el personal técnico debe de estar visualmente entrenado en saber reconocer estas particularidades y tomar la mejor decisión en la ejecución del próximo riego. Una herramienta útil en la toma de decisiones sobre el momento idóneo para ejecutar el fertirriego, es realizando lecturas de vacuómetro de manera diaria, desde el

primer día en que el cultivo se encuentra en campo definitivo, como referencia se procura realizar el fertirriego cuando el tensiómetro de 15 cm de profundidad alcance un valor de 50 cb, bajando posteriormente a 10 cb, después de aplicado la solución fertirriego (condición de suelo franco arenoso en Cañete). Cabe mencionar que el tensiómetro de 30 cm de profundidad no se usa como referencia en primera instancia en el fertirriego ya que, en un primer momento bajo esa profundidad, aún se encuentra el suelo con cierto porcentaje de humedad. Cabe resaltar que estos rangos establecidos son relativos porque no todas las variedades trasplantadas responden de la misma manera ante estas condiciones. Es importante que en esta etapa los tensiómetros se mantengan calibrados ya que estas pierden fácilmente el líquido alquicida en su interior a través de la cápsula porosa, generando un vacío en su interior, pero cada vez que los fertirriegos se hacen más frecuentes, esta problemática va disminuyendo.

Otra herramienta útil, es la realización de calicatas en la cual se puede observar el estado de las raíces, es importante que estas se encuentren funcionales para la absorción de la solución fertirriego.

Días previos al inicio de hibridación las frecuencias de fertirriego debe de acortarse, manteniendo la lectura de los vacuómetros a 20 cb. Bajo esta estrategia de manejo del fertirriego se logra plantas generativas en vez de planta vegetativas. A los 60 días después de trasplante (DDT) se consigue una arquitectura de planta bien constituida de 0.6-0.7 m de altura en la mayoría de casos, de entrenudos medianamente cortos, buen desarrollo radicular tanto de manera longitudinal como transversal, y gran número de botones florales, importantes para dar inicio a la hibridación manual de flores, proceso vital para la formación de semillas híbridas.

En las etapas fenológicas de floración y cuajado de frutos se procura que las lecturas del vacuómetro se mantengan en el rango de 10-12 cb, ya que el requerimiento hídrico y nutricional en estas etapas es demandante puesto que la evapotranspiración generada es mayor a comparación de la etapa de desarrollo vegetativo, es por eso que aquellas variedades que se encuentran en floración y cuajado tienen prioridad número en evaluación por parte del personal técnico y si así lo amerita, son las variedades donde se inicia primero el fertirriego. A partir de la floración es poco probable que haya problemas con descalibración de tensiómetros ya que la frecuencia del fertirriego es constante. Es importante resaltar que

en estas etapas no se pone en práctica el concepto de riego deficitario controlado ya que esto podría tener consecuencias negativas como: presencia de blossom en frutos recién formados y/o deshidratación a nivel de planta y fruto, acontecimiento que perjudica el resultado final de la producción. Por el contrario, los fertirriegos se realizan de manera diaria en la mayoría de los casos, salvo que existan indicaciones contrarias de cancelar el riego del día, generalmente ocurre cuando el suelo se encuentra saturado y las lecturas del vacuómetro así lo evidencian, con valores de 0-8 cb. Esta estrategia se realiza con el objetivo de oxigenar el sistema radicular y equilibrar el manejo de las tensiones en el rango aceptado para estas etapas fenológicas ya mencionadas. Este periodo de tiempo está comprendido en los días 61-85 DDT aproximadamente.

En la etapa de desarrollo de fruto correspondientes a los días 86-110 DDT se procura que las lecturas del vacuómetro se encuentren en el rango de 10 cb al término de la hibridación manual, hasta llegar a los 20 cb cuando se aproxima la cosecha de los primeros frutos desarrollados. De la misma manera que en las etapas de floración y cuajado el personal técnico ingresa a las primeras horas del día a realizar las evaluaciones del estado de los frutos y condiciones de la humedad del suelo, bajo el soporte de las lecturas del vacuómetro ejecuta el fertirriego si así lo amerita. Es poco probable que haya problemas con descalibración de tensiómetros ya que el fertirriego se realiza de manera diaria, debido a que en esta etapa fenológica existe una demanda hídrica y nutricional importante gracias a la evapotranspiración generada por el desarrollo foliar y la presencia de varios frutos que alcanzaron su tamaño máximo de desarrollo y los que aún se encuentran en el proceso. Salvo en ocasiones en que las lecturas del vacuómetro indiquen valores menores a 8 cb, es ahí cuando se decide cancelar el fertirriego programado para el día, por los motivos de asfixia radicular antes mencionados. Es importante resaltar que en esta etapa fenológica no se pone en práctica el concepto de riego deficitario controlado ya que podría haber problemas de presencia de blossom en frutos en diferentes grados de desarrollo y marchitez, acontecimiento que mermaría la producción.

La etapa fenológica de maduración de la fruta está comprendida en los días 111-140 DDT, se procura que la lectura del vacuómetro se encuentre en el rango de 20 cb al iniciar la cosecha de los primeros frutos formados hasta llegar a 30 cb, que son los últimos frutos desarrollados. De la misma forma, el uso de los tensiómetros convencionales cumple un rol importante al momento de decidir cuándo se ejecutará el fertirriego, además del seguimiento

visual de la apariencia del cultivo en las diferentes horas del día. Es importante indicar que no se aplica el concepto de RDC, puesto que en esta etapa fenológica aún es importante mantener el fruto turgente y de buena apariencia, ya que frutos deshidratados no serán considerados dentro del conteo de las cosechas, siendo posteriormente descartados.

Cabe mencionar que se debe tener cuidado con la decisión en la ejecución del fertirriego ya que las variedades responden de manera distinta ante condiciones de fertirriego limitado, es por eso que es importante mantener el seguimiento del cultivo hasta los últimos días de la fenológica del cultivo.

En la Tabla 3 se puede observar a manera de resumen los valores de duración y rango de lectura de vacuómetro por cada etapa fenológica del cultivo que se considera mantener.

Tabla 3: Duración y lectura del vacuómetro por etapa fenológica

Etapa	Duración (DDT)	Rango de lectura del vacuómetro (cb)
Desarrollo vegetativo	0-50	10-50
Preparación del cultivo	51-60	20
Floración y cuajado	61-85	10-12
Desarrollo de fruto	86-110	10-20
Maduración	111-140	20-30

4.3. Procedimiento para el fertirriego

Se realiza en dos etapas de manera simultánea, pero en diferentes zonas, la primera etapa es ejecutado por el motorista (personal que controla el motor estacionario) en la zona que está fuera del módulo y la segunda etapa lo desarrollan los regadores en el interior del módulo.

4.3.1. Fuera del módulo

El encargado de fertirriego realiza una reunión de manera diaria con el equipo técnico y operativo antes de dar inicio a la jornada laboral, mencionando las variedades dentro de cada módulo que requieren de mayor atención por los problemas que estos presentan. Por otra parte se establece el recorrido de visita de módulos y ejecución de fertirriego que debe seguir el equipo, basando la estrategia en dar prioridad de inicio de labores a los módulos cuyas

variedades se encuentren en floración y desarrollo de fruto, mientras que aquellas variedades que se encuentren en desarrollo vegetativo y maduración de fruto se realizan como segunda prioridad en ejecución del fertirriego, es importante mencionar que dentro de un módulo se puede encontrar variedades en diferentes etapas fenológicas y estas pueden cambiar de prioridad de fertirriego de un día a otro según el desarrollo del cultivo, es por eso que se debe tener un seguimiento exhaustivo y actualizado de la fenología de cada variedad en campo. A cada integrante del equipo se les proporciona además una programación de riego, en esta se detalla las variedades que están proyectadas a fertirrigar, la cantidad de fertilizantes y volumen de agua a utilizar, además del estado fenológico actualizado de cada variedad que se encuentra en cada módulo.

La fertilización se realiza en dos grupos. Cada uno de estos está conformado por dos regadores y un motorista (encargado del funcionamiento del motor estacionario). La labor del regador dentro del módulo es aperturar las llaves de paso correspondientes a las variedades programadas para ejecutar el fertirriego, este proceso es muy delicado puesto que puede generarse errores en aperturar llaves de paso cuyas variedades no estén programadas, ya que es posible que se estén aplicando diferentes estrategias de manejo que busquen posponer riegos como: el RDC en casos de variedades que se encuentren en desarrollo vegetativo o porque se trata de oxigenar el suelo por saturación previa. Una vez que el regador se encuentra seguro sobre la labor de apertura de llaves de paso, procede a aperturar la llave de la válvula de riego proveniente de la matriz, ubicado en la mitad del módulo, posteriormente deberá permanecer en el módulo para controlar y corregir de manera manual la presión del riego, es importante el uso de manómetros y adaptarlo a la salida de agua de un ramal de riego y controlarlo bajo una presión de 0.5 bar.

Por otro lado, la función del motorista es inyectar el fertilizante previamente disuelto en un cilindro de 200 L por fuera del módulo, e inyectar a través de la tubería de inyección, impulsado con la ayuda del motor estacionario, además otra función del motorista es comunicar al regador que aperture la llave de inyección de la válvula que se encuentra en el interior del módulo para empezar a fertilizar las camas asignadas.

Después de organizar los dos grupos con sus respectivos regadores y motoristas, estos se dirigen hacia los módulos a fertirrigar. El conductor de la trimoto deposita previamente los materiales que se van a utilizar, que consta de un motor estacionario, y una varilla de madera

que permite agitar y solubilizar el fertilizante sólido y un cilindro de 200 L. El motorista ingresa a la cabina de materiales y se dirige hacia la zona de fertilizantes para retirar los fertilizantes que se enviaron con un día de anticipación. El lleva consigo una llave de inyección o llave de $\frac{3}{4}$ de pulgada y una llave de agua o llave de 2 pulgadas. Estas llaves se colocan en el inyector (llave de inyección) y en la válvula de agua (llave de agua) ubicadas afuera del módulo y se mantendrán cerradas.

Posteriormente se conecta la manguera de inyección del motor estacionario al inyector y también se conecta una manguera a la válvula de agua, se vierte el fertilizante sólido al cilindro y se procede a solubilizarse en agua a través de la agitación con una varilla, considerando previamente las incompatibilidades de los fertilizantes, el personal debe estar bien capacitado para asegurar el éxito de la labor, evitando por ejemplo la formación de precipitados en la base del recipiente debido a las incompatibilidades de los mismos. Hay que tener en cuenta que variedades que se encuentran en las etapas fenológicas de desarrollo vegetativo, floración, cuajado de fruto se usan lo siguiente: Nitrato de calcio, nitrato de potasio, nitrato de magnesio. Una vez terminada esta primera inyección de fertilizante se procede a inyectar ácido fosfórico a baja dosis a través del sistema de riego, con el objetivo de limpiar las cintas de riego de manera interna y evitar las posibles obstrucciones de goteros. Si el cultivo se encuentra en la etapa fenológica de maduración de fruto solo se considera como única fuente de fertilizante al sulfato de potasio, con el objetivo de brindar mejor calidad de color y características organolépticas.

Una vez mezclados los fertilizantes con agua, considerando la etapa fenológica que se encuentren en el interior del módulo, se coloca la manguera de succión del motor estacionario dentro del cilindro, se abre la llave de inyección, donde previamente se conectó la manguera de inyección del motor estacionario en el inyector, y luego se enciende el motor estacionario. La función del motor estacionario que consta de dos mangueras, una de succión (succiona la mezcla de fertilizante del cilindro) y otra de inyección (que envía la mezcla de fertilizante desde el inyector hacia la válvula de inyección dentro del módulo).

Se le comunica al regador –que se encuentra dentro del módulo regando con agua– para que aperture la válvula de inyección del módulo y así pueda inyectar el fertilizante hacia las camas que requieran el fertilizante. Posteriormente se apaga el motor estacionario y luego se cierra la llave del inyector. Finalmente, se le comunica al regador que ya finalizó la

inyección de la solución fertirriego para que este cierre la válvula de inyección dentro del módulo y pueda seguir regando las demás camas con agua sola hasta completar el litraje correspondiente.

4.3.2. Dentro del módulo

El regador ingresa al módulo provisto de todos sus materiales y repuestos necesarios para poder solucionar cualquier problema que se presente en el proceso de fertirriego, que consta de: codos, bigotes, tee, unión cinta-cinta, unión manguera-cinta, llave de paso, cinta aislante.

El regador se dirige en dirección donde se encuentra el banderín de color amarillo, señal que indica la presencia de los tensiómetros convencionales instalados, y verifica el funcionamiento de los mismos. Posteriormente identifica las variedades que se van a fertirrigar revisando previamente la programación de riego proporcionado donde se detalla las variedades a fertirrigar, el número de módulo, los fertilizantes a utilizar, y el volumen de riego a utilizar. Apertura las llaves de paso correspondientes a estas variedades, teniendo mucho cuidado en no abrir llaves de paso que no correspondan a variedades que no estén programadas, este procedimiento es muy delicado, considerándose dentro del proceso de fertirriego como un punto crítico. Una vez terminado este proceso, recorre el resto de las camas y se asegura que el resto de las llaves de paso de las otras variedades se encuentren completamente cerradas.

El regador se dirige hacia la válvula de agua y procede a colocar el manómetro en un ramal adaptado para controlar la presión de salida del agua y también coloca la llave de válvula (llave de 2 pulgadas) para luego abrirla y, finalmente, empezar con el riego a una presión de 0.5 bar, indicado por el manómetro. Es importante resaltar que, si no se cumple el procedimiento, paso por paso hasta este punto, puede haber problemas en el riego. Por ejemplo: Si se abre la llave de la válvula de agua sin abrir primero las llaves de paso, puede colapsar la matriz de la válvula de agua por demasiada presión al no encontrar el agua alguna vía de desfogue. Por otra parte, si no se coloca el manómetro, no se podrá calcular la presión que ejerce la válvula de agua, y si la presión registra por ejemplo un valor por encima de 0.7 bar, puede haber problemas en deformación de goteros, en que el agua saldría a manera de

chorros delgados o habría ruptura de la cinta de riego al no soportar la presión de la salida de agua.

En la Figura 4, se observa daños por el ataque de *Phytophthora sp.* Desarrollado por condiciones de exceso de humedad, dando origen a pudrición radicular y posterior marchitez. Siendo más frecuente en condiciones donde hay una mala nivelación de terreno, concentrándose el agua en el fondo del hoyo en donde en ciertas ocasiones, coincide con la instalación del cultivo



Figura 4: Sintomatología de marchitez por phytophthora

Nota. Sintomatología de marchitez rápida e irreversible produciendo la muerte de la planta. Tomado de *Tristeza o seca del pimiento* [Fotografía], Syngenta, 2021, <https://www.syngenta.es/cultivos/pimiento/enfermedades/tristeza-o-seca-del-pimiento>.

Una vez iniciado el riego con agua sola, el motorista de manera simultánea debe estar fuera del módulo, solubilizando en agua los fertilizantes sólidos en el cilindro de 200L, una vez finalizado, debe comunicarle al regador que abra la válvula de inyección del módulo cuando se inyecte el fertilizante. El regador debe colocar la llave de inyección (llave de $\frac{3}{4}$ de

pulgada) y luego abrir esa llave para que empiece la fertilización de las camas que se requieran. En esta parte del proceso de fertirriego debe existir bastante comunicación entre el regador y el motorista. Es por eso que como estrategia se ve conveniente que los grupos de fertirriego (regador-motorista) se mantengan juntos a lo largo de la campaña de producción y además que estas duplas siempre ingresen a los mismos módulos, puesto que este proceso es considerado también como punto crítico de alto riesgo a cometer errores ya que dentro del módulo en algunas ocasiones podemos encontrarnos con dos manejos bien marcados en el fertirriego puesto que se encuentran variedades con diferentes etapas fenológicas y el criterio de necesidades en la nutrición varía: Se considera que variedades que están en la etapa fenológica de maduración de fruto se usa como única fuente de fertilizante el sulfato de potasio, mientras que variedades que están en la etapa fenológica de crecimiento vegetativo, floración, desarrollo de fruto, se usa como fuente de fertilizantes el nitrato de calcio, nitrato de potasio, nitrato de magnesio.

Es importante que el regador lea bien la programación de fertirriego proporcionado y además que identifique y reconozca las variedades dentro del módulo que se encuentran bajo estos dos criterios de fertirriego, aperturando y cerrando las llaves de paso correspondientes a los diferentes manejos en la nutrición. Considerar la transición de las etapas fenológicas, por ejemplo: el fin de la etapa fenológica de desarrollo de fruto y dar inicio a la etapa fenológica de maduración, esto hace que cambie las fuentes del fertilizante a utilizar (suspensión de fuentes nitrogenadas e inicio de la fuente sulfatada). Esta actualización de los criterios del manejo del fertirriego según el cambio de las etapas fenológicas es responsabilidad del encargado del fertirriego, que será plasmado en la programación diaria para el resto del equipo.

El motorista debe comunicarle al regador que ya se inyectó todo el fertilizante del cilindro, dicho esto el regador, una vez finalizada la fertilización de las camas, procede a cerrar la llave de la válvula de inyección y sigue regando las camas con agua sola hasta completar el litraje correspondiente. Finalmente, el regador debe asegurarse de haber cerrado todas las llaves de paso de las camas que se regaron y las llaves de inyección y de válvula de agua. Este proceso es importante que se ejecute puesto que se han registrado algunos errores en la que no se cerró la válvula de agua en su totalidad y además no se cerraron las llaves de paso, trayendo como consecuencia que estas camas continuaron regándose con más volumen de lo previsto, considerándose también un punto crítico en este proceso.

4.4. Criterios de cambio de programación establecida según problemas en campo

La evaluación de las variedades establecidas en campo bajo el punto de vista nutricional y decisión en las frecuencias de fertirriego desde el trasplante del cultivo hasta la maduración del fruto es realizado por el personal técnico del equipo de fertirriego en sus visitas guiadas, enfocándose principalmente en aquellas variedades que se reportaron como problemas, identificando algunas anomalías o situaciones adversas que perjudican el normal desarrollo del cultivo, como: deficiencias nutricionales, aborto de flores y frutos cuajados, plantas vigorosas, presencia de blossom en fruto.

4.4.1. Deficiencias nutricionales

Cuando se identifica una variedad en la cual se reconoce alguna deficiencia nutricional, en un primer momento se determina el pH de la solución suelo con ayuda de un potenciómetro, a una profundidad de 30 cm debido ya que es ahí donde se encuentran el mayor porcentaje de raíces secundarias y de pelos absorbentes, por ende, es la zona en que la absorción de nutrientes se da en mayor medida. Por ejemplo, si es que se reconoce la deficiencia de potasio de manera generalizada en toda la variedad según sintomatología del cultivo como: clorosis presente en el tercio superior del cultivo, además presenta en las hojas del tercio inferior puntuaciones necróticas entre las nervaduras de las hojas. Junto con estas sintomatologías descritas, se determina que el pH de la solución suelo, si este resulta menor a 6, se considera que existe una deficiencia de potasio en suelo, o en todo caso que este mineral no está siendo asimilado por la planta, entonces se procede como primera medida en aumentar la concentración de nitrato de potasio para los siguientes fertirriegos, es por ello que a partir de generado el cambio de la concentración del fertilizante, el personal técnico de fertirriego hace seguimiento de dicha variedad considerada “problema” hasta observar mejoras en el cultivo. Cabe resaltar que esta alternativa de solución ha sido generalizada como acción inmediata ante esta problemática, pero previamente se han hecho análisis foliares en otros ejemplares para corroborar la hipótesis planteada, y estableciendo este criterio cuando se presenten este tipo de sintomatología.

En la Figura 5, se puede observar puntuaciones necróticas en el tercio inferior de la planta, sintomatología característica por deficiencia de potasio en el cultivo.



Figura 5: Síntoma de deficiencia de potasio

Nota. Puntuaciones necróticas desarrolladas entre las nervaduras de la hoja. Tomado de *Carencia de potasio en pimiento* [Fotografía], Homo Agrícola, 2009, <http://elhocino-adra.blogspot.com/>

4.4.2. Aborto de flores

Algunas variedades cuentan con antecedentes de aborto de flores en un porcentaje superior a lo normal (por encima del 50%) según la descripción del cultivo proporcionado por la empresa que brindó las líneas parentales o por el historial de producción que ha recopilado el programa de solanáceas con experiencias de producciones en campañas anteriores. Se desarrolla una estrategia de riego deficitario controlado en la etapa de desarrollo vegetativo, es por eso que, a manera de monitorear las tensiones, se instalan un par de tensiómetros exclusivamente para dicha variedad y se procede a mantener las tensiones por encima de los rangos permitidos (antes expuesto) en dicha etapa fenológica, posponiendo fertirriegos previa evaluación y seguimiento diario del cultivo si es que así la lectura del tensiómetro y estado del cultivo lo permita. Gracias a este proceso de estrés hídrico generado, el cultivo se ve de alguna manera amenazado en su normal desarrollo fisiológico. Por consiguiente, mediante este manejo diferenciado en el fertirriego, se obtienen generalmente plantas más

pequeñas (entrenudos cortos), de menor área foliar, pero de buen desarrollo radicular (por la exploración de las raíces en búsqueda de agua). Además, con este manejo de RDC se consigue en la mayoría de casos plantas con mayor cantidad de botones florales.

Una semana previa al inicio de la polinización manual se procede a incrementar la frecuencia de fertirriego a dicha variedad, siendo ahora de manera diaria (previo soporte a las lecturas del vacuómetro). Obteniendo buenos resultados con este manejo, asegurando mayor cantidad de flores cuajadas, traducándose posteriormente en fruta madura con semillas de calidad. Logrando en la mayoría de los casos el objetivo de producción previsto para dichas variedades problemáticas.

En algunas ocasiones en la etapa de floración existe problemas con aborto de flores y de frutos recién cuajados, se puede deber por varios motivos, pero la principal de estas es por asfixia radicular, habiendo una limitada aireación en el suelo. Debido a que en esta etapa fenológica los riegos se programan de manera diaria, siempre y cuando las lecturas del vacuómetro así lo respalden (10-12 cb), pero a pesar de manejar dicha información se pierde el control hasta cierto punto, debido a que no todas las variedades cuentan con tensiómetros instalados y es complicado manejar la tensión actual de cada variedad. Cabe mencionar que el número de variedades por módulo de 0.5 Ha es muy variable, pero aproximadamente hay 8-12 variedades, siendo complicada que cada uno de estos cuenten con un par de tensiómetros instalados, y si así lo fuese no todas las variedades responden de manera favorable ante el manejo pre-establecido por ayuda de las tensiones.

Es por eso que cuando ocurre esta problemática la primera acción a tomar es verificar las lecturas de los vacuómetros (si es que la variedad cuenta con tensiómetro instalados), si la lectura es menor a 10 cb se procede a posponer el riego por ese día y en el peor de los casos puede posponerse por más tiempo, con el objetivo de que se establezca una mejor relación aire/agua en el suelo, si quizá la variedad no cuenta con tensiómetros instalados se recomienda instalar un par de estos de manera puntual para tener un mejor panorama en el manejo de la estrategia a realizar.

En la Figura 6, se puede observar la peculiaridad de abortar una gran cantidad de flores, a

esto se le conoce como “abscisión floral” o “caída de flor”, característico al cultivo de pimiento.



Figura 6: Aborto de flores

Nota. En un primer momento ocurre un amarillamiento del pedicelo y posteriormente la caída de la flor. Tomado de *Caída de primordios, flores y frutos en el pimiento* [Fotografía], Homo Agrícola, 2013, <http://elhocino-adra.blogspot.com/>

4.4.3. Plantas vigorosas

El tamaño del cultivo en la mayoría de las variedades fueron muy considerables, traduciéndose en un tamaño de entrenudos largo, excesivo follaje y el proceso de hibridación manual ocurría recién cuando la planta alcanzaba 1 metro de altura (considerado desfavorable para la hibridación manual), siendo ya un problema en las labores complementarias de entutorado por ser más laborioso guiar la planta y por las numerosas podas que se debía hacer para preparar la planta pre inicio a la hibridación manual. Es por eso que se aplicó como solución estandarizada a todas las variedades trasplantadas pasar por un proceso de RDC en la etapa fenológica de desarrollo vegetativo. Disminuyendo en términos generales el número de fertirriegos durante la etapa hasta en un 50% a comparación de campañas anteriores (RDC se aplica aproximadamente 240 m³/Ha distribuidos en 9 momentos), administrando el suministro hídrico en los momentos oportunos antes que la planta alcance el agotamiento irreversible, (lecturas cercanas a 50 cb en vacuómetro), es por eso que el uso de diferentes estrategias como instalación de tensiómetros y la realización de

calicatas son vitales en la toma de decisiones en la determinación del momento ideal a ejecutar el fertirriego.

Cabe mencionar que al momento de reducir el número de fertirriegos en esta etapa, de manera indirecta también se reduce la cantidad de fertilizantes nitrogenados a usar. Si existe antecedentes de que la variedad es de porte vigoroso (información brindada por el cliente o proporcionado por experiencias previas de campañas anteriores), se procura disminuir la concentración de las fuentes nitrogenadas durante la etapa de desarrollo vegetativo, acción que ayuda mitigar de alguna manera dicha comportamiento, teniendo buenos resultados finales en el control del vigor en el cultivo.

Al aplicar esta estrategia de manejo se obtuvo buenos resultados de manera directa e indirecta. Se consiguió entre los beneficios directos: En la mayoría de las variedades del cultivo presentaron una altura ideal pre inicio de hibridación (60-70 cm), requerido para la labor de hibridación manual, ya que se brinda una mayor oportunidad y tiempo para que el personal obrero calificado pueda emasculiar y polinizar las flores antes que la planta alcance un tamaño que dificulte realizar esta labor.

Por otra parte, se evidenció la presencia de un mejor desarrollo radicular, mejorando el anclaje al suelo, teniendo mejores resultados a comparación de campañas anteriores, puesto que la caída de plantas era un problema recurrente por presentar raíces superficiales. Debido al manejo RDC las raíces de la planta se ve obligado a profundizar y explorar más en el perfil del suelo para conseguir agua disponible, gastando mayor parte de su energía en este proceso, de esta manera el desarrollo foliar se ve notoriamente controlado por disponer de poca energía para hacerlo.

Finalmente, los beneficios indirectos que se desprenden del RDC son: menor incidencia de mortandad de plantas por pudrición radicular, bajando aproximadamente de un 12% (manejo convencional de riego) a 2% (aplicando el RDC). Mejor eficacia en la cobertura y poder de mojamiento del follaje en las aplicaciones químicas, ya que las plantas en términos generales presentaron un porte más pequeño, por ejemplo: a los 60 DDT, el cultivo podría alcanzar una altura de 1 metro (manejo convencional de riego) para luego alcanzar 0.6 metros (aplicando el RDC). Ahorro de agua tanto para el área de fertirriego (50% de solución fertirriego en la etapa de desarrollo vegetativo) y fitosanitario y por consiguiente de insumos

básicos (fertilizantes y productos fitosanitarios). El principal ahorro se vio en las siguientes fuentes de fertilizantes, se ahorró en promedio 170 Kg de nitrato de calcio/Ha, 72 Kg de nitrato de potasio/Ha y 72 Kg de nitrato de magnesio/Ha. Y por último la reducción de labores culturales, en disminuir 1 poda tras aplicar los conceptos de RDC, labor necesaria para preparar la planta antes de ingresar a hibridación manual.

4.4.4. Necrosis apical o blossom en fruto

La necrosis apical es un desorden fisiológico común en pimiento. Se trata de una lesión en el fruto como un área verde-marrón claro, tornándose posteriormente a tonos más oscuros, a medida que las células apicales de las frutas van colapsando, la zona afectada se seca y presenta una coloración negro-acartonado. Importante mencionar que estas frutas afectadas maduran antes de lo normal. La causa principal de este desorden fisiológico se relaciona con la deficiencia de calcio en la región más alejada de la fruta y puede ocurrir a pesar de presentar niveles altos en el suelo, aunque exista una adecuada fertilización. Cabe resaltar que el movimiento del calcio dentro de la planta se da por la transpiración, concentrándose principalmente en las hojas, debido a la mayor cantidad de estomas, a comparación de las que existen en la fruta, por tal motivo la presencia de este mineral en muchas ocasiones es menor en la fruta. Es por eso que cualquier estrés hídrico en el suelo, un suministro desbalanceado de cationes en el fertirriego, condiciones de alta salinidad en suelo, daños a las raíces por enfermedades, daños mecánicos, etc. son factores que pueden interrumpir con el flujo normal del calcio en la fruta, causando esta deficiencia (Bernal, 2010).

Debido a esto, como primera medida, se identifica en campo todas las variedades que cuentan información brindada por el cliente sobre la susceptibilidad a blossom y se hace conocimiento a todo el personal técnico y operario para que sean más exhaustivo en su evaluación de frutos, dando aviso si es que encuentran estas deficiencias.

Como segunda medida se considera la aplicación de enraizantes en las etapas de desarrollo vegetativo, días previos a hibridación y durante la hibridación con el objetivo de aumentar la cantidad de raíces secundarias y por ende de pelos absorbentes para la absorción de calcio. Se considera también brindar mejores condiciones de humedad en suelo días previos a iniciar hibridación (2 semanas antes), manteniendo las tensiones en un rango de 10-15 cb con el objetivo de conseguir mayor actividad radicular (dirigido a los cultivares con antecedentes

de blossom end rot). Y finalmente en pleno desarrollo de fruto si es que se evidencia este desorden fisiológico se procede a ejecutar fertirriegos adicionales preferentemente por las mañanas, para mejorar las condiciones de humedad en el suelo, obteniendo buenos resultados. Teniendo en cuenta que la movilidad del calcio en la planta es muy poca y depende de la transpiración. Se debe considerar fertirrigar cuando las temperaturas sean las más bajas del día, teniendo prioridad número uno en el fertirriego al iniciar la jornada laboral.

En la Figura 7, se puede observar la podredumbre apical (Blossom-end rot) en los frutos. Esta fisiopatía se reconoce por la aparición en la zona inferior del fruto de una mancha negra con una posterior podredumbre.



Figura 7: Inicio de la pudrición apical o blossom en fruto de pimiento

Nota. La aparición de los síntomas por necrosis apical ocurre en la base del fruto por la deficiencia de calcio. Tomado de *Germinar pimientos en 5 días* [Fotografía], Agriculturers, 2020, <https://agriculturers.com/germinar-pimientos-en-5-dias/>

V. CONCLUSIONES

El riego deficitario controlado (RDC) es una alternativa viable en la producción de semillas híbrida de pimiento, tomando protagonismo puntualmente en la etapa fenológico de desarrollo vegetativo en que se logra un cultivo de mayor desarrollo radicular (buen anclaje al suelo), de un desarrollo foliar más reducido y de buena formación de botones florales (traduciéndose posteriormente en mayor cantidad de flores hibridados). Consiguiendo en términos generales plantas más generativas en vez de vegetativas, condición que no se lograba bajo un manejo de fertirriego sin RDC. Entre otros beneficios se consiguió un ahorro en el recurso hídrico en 240 m³/Ha y fertilizantes: Nitrato de calcio 170Kg/Ha, nitrato de potasio 72 Kg/Ha, nitrato de magnesio 72 Kg/Ha son las principales fuentes de fertilizantes más significativas. Ahorro en mano de obra en labores como las podas (plantas con menos área foliar) y entutorados (plantas más pequeñas) y en términos fitosanitarios se mejoró la cobertura al realizar aplicaciones fitosanitarias de manera foliar, ya que se contaba con plantas de porte más reducido en las etapas fenológicas críticas (desarrollo vegetativo y floración) en la incidencia de plagas.

Los tensiómetros convencionales cumplen un rol importante en la toma de decisiones de cuándo y cuánto regar el cultivo, siendo el aliado principal en la ejecución del RDC bajo los rangos de tensiones determinados, de la misma manera es un instrumento de consulta obligatoria en cuanto se presenta problemas de aborto de flores y frutos cuajados, proceso clave en la producción de semilla híbrida. Es por eso que se debe considerar un correcto uso y mantenimiento de los mismos para obtener las lecturas de vacuómetros más acertadas, necesario para realizar una adecuada interpretación de los resultados y próximas acciones de manejo en el fertirriego.

Contar con un equipo técnico y operativo de calidad es de vital importancia para lograr el éxito en la ejecución de los objetivos planteados para el proceso de fertirriego. Ya que es necesario brindar las condiciones hídricas adecuadas y oportunas, por ejemplo, tomar decisión de cuando ejecutar un riego bajo un criterio de manejo de RDC en la etapa de

desarrollo vegetativo o de cancelar el riego en condiciones de saturación del suelo. Proporcionar soluciones ante problemas nutricionales, realizando un correcto diagnóstico de los síntomas como clorosis, desorden fisiológico (blossom), etc. posteriormente plantear alternativas para corregir estas deficiencias nutricionales, ejecutando de manera oportuna estos cambios y finalmente hacer el seguimiento de la evolución del cultivo. Brindando así todas las condiciones necesarias para que el cultivo muestre todo su potencial de producción.

VI. RECOMENDACIONES

Si bien es cierto el RDC es una alternativa viable para obtener resultados adecuados en la producción de semilla híbrida, es necesario individualizar el manejo del fertirriego por variedades de pimiento ya que estas responden de manera muy diferente ante el estímulo hídrico adverso, es por eso que es muy importante hacer un seguimiento constante y documentado de cada uno de estos, teniendo cuidado en caer en la estandarización generalizada a pesar de tratarse de individuos de la misma especie.

Si bien es cierto los tensiómetros son aliados sumamente importantes para la toma de decisiones en campo sobre el cuanto y el cuándo ejecutar un fertirriego, interpretando de manera adecuada las lecturas del vacuómetro, es también importante y complementario acompañarlo por trabajos paralelos como calicatas y observaciones generales del estado de suelo, agua y planta para tomar la decisión más acertadas ante circunstancias adversas. Es importante mencionar que es recomendable realizar un mantenimiento adecuado, constante y oportuno, no solo cuando está instalado en campo, sino también al momento de mantenerlos almacenados, con el objetivo de alargar la operatividad de las mismas para las siguientes campañas de producción.

Las capacitaciones constantes al personal técnico y operario son de suma importancia para lograr un alineamiento en los objetivos según cada etapa fenológica y de cada subproceso en la ejecución de labores, por eso se ve conveniente realizar por lo menos una reunión general con todos los miembros del equipo de manera semanal para definir criterios y procedimientos ante cada situación adversa. Una oportuna comunicación y coordinación bidireccional entre todos los integrantes es clave para solucionar problemas propios a la producción.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- Agrobit. Sin fecha. *El cultivo de pimiento bajo invernadero*. http://www.agrobit.com/Info_tecnica/alternativos/horticultura/AL_000013ho.htm
- Arenas, W. Cardozo, C. Baena, M. (2015). Análisis de los sistemas de semillas en países de América Latina. *Acta Agronómica*, 64(3), 240-244. <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v64n3/v64n3a06.pdf>
- Bartolomé, T. Coletto, J. Velázquez, R. (2015). *Historias de las plantas II: La historia del pimiento* [Archivo PDF]. <https://www.unex.es/conoce-la-unex/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>
- Bernal, R. (2010). Enfermedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero en las zonas de salto y bella unión. *Inia, serie técnica*, (181), 38-39
- Cartagena, A (2004). Importancia económica del pimiento en Ecuador. [tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/865/1/74701.pdf>

- Castillo, J. (2009). Evaluación del desarrollo fenológico de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) var. Capistrano, en diferentes cubiertas plásticas para invernadero, [tesis de grado, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5586/T17033%20CASTILLO%20SANCHEZ,%20JUAN%20DE%20DIOS%20%20TESIS.pdf?sequence=1>
- Centro de Investigación Aplicada y Tecnología Agroalimentaria, (1998). *Manejo del riego con tensiómetros*. <http://www.serida.org/pdfs/1865.pdf>
- Condés, L. (2017). Cultivos hortícolas al aire libre. Serie Agricultura 13, Cajamar Rural. 471-473.
- Dalmaso, J. (2016). Influencia del déficit hídrico en diferentes etapas fenológicas sobre el rendimiento y calidad del zapallo [tesis de maestría, Universidad Nacional De Cuyo]. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/5198/INTA_CRMendozaSanJuan_EEALaConsulta_Dalmaso_J_Influencia_deficit_hidrico_diferentes_etapas_fenologicas_rendimiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: Su producción, conservación y almacenamiento. *Cultrop*, 31 (1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011
- FAO. (2002). El cultivo protegido en clima mediterráneo. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación.
- FAO. (2012). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, y Mundi-Prensa.
- 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, M. Vilcapoma, G. (2008). Diversidad de Angiospermas. Guía de prácticas. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Gaviola, J. (2020). *Producción de semillas de hortalizas*. (1ªed). Ediciones INTA.

Geneseeds. Sin fecha. *Historia de las semillas híbridas*. <https://geneseeds.com.mx/semillas-hibridas/>

Gómez, R. (20 de agosto de 2018). Lambayeque se consolida como región líder en producción de Capsicum. ADEX. <https://www.adexperu.org.pe/notadeprensa/lambayeque-se-consolida-como-region-lider-en-produccion-de-capsicum/>

Huamán, E. (2016). Producción de doce cultivares de pimiento tipo Guajillo (*Capsicum annuum* L.) bajo las condiciones del valle de Casma [tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1976/F01-H8338-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Infoagro. (19 de abril de 2017). *La fenología en la agricultura*. <https://mexico.infoagro.com/la-fenologia-en-la-agricultura/>

Intagri. (2017). Los sistemas de Riego Aptos para la Fertilización. Serie Agua y riego. 16, 4.

Intagri. (2017). Solución Nutritiva y su Monitoreo Mediante Análisis Químico Completo. *Serie Horticultura Protegida*. 27, 3.

Irrometer. Sin fecha. *Medición de la humedad del suelo*. <https://www.irrometer.com/sensorssp.html>

Laos, L. Lama, W. Hirzel, J. Souto, C. Lillo, M. (2017). Evaluación de riego deficitario controlado sobre la producción de kiwi (*Actinidia deliciosa*). *Agrociencia*, 51 (4), 359-372.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140531952017000400359&script=sci_arttext

Liotta, M. Carrión, R. Ciancaglini, N. Olguín, A. (2015). *Manual de capacitación: riego por goteo* [Archivo PDF].
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf

Marschner, P. (2012). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press.

Merino, G. (2017) Producción de semillas híbridas de tomate (*Solanum lycopersicum*) determinados e indeterminados en el valle de Cañete. [Trabajo monográfico, Universidad Nacional Agraria La Molina].
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2957/F03-M47-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Netafim. (2020). *El riego por goteo revoluciona la agricultura*.
<https://www.netafim.com/es-pe/drip-irrigation/>

Pino, M. (2018). 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/Gu%C3%ADa%20de%20Pimiento%202017%20%281%29.pdf

Pino, M. Campos, A. Saavedra, J. Álvarez, F. Salazar, C. Hernández, C. Soto, S. Estay, P. Vitta, N. Escaff, M. Pabón, C. Zamora, O. (2018). Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes. *Instituto de investigaciones agropecuarias. Boletín Inia*, (360), 19.

Polón, R. Miranda, A. Maqueria, L. Ramírez, M. (2013). Efecto de diferentes intensidades de estrés hídrico en la fase vegetativa en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(4), 60-64.
<http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22n4/rcta10413.pdf>

- Redagricola. (marzo, 2017). *Pimientos y ajíes, hortalizas de alto valor funcional para el mercado fresco y de procesados*. <https://www.redagricola.com/cl/pimientos-ajies-hortalizas-alto-valor-funcional-mercado-fresco-procesados-2/>
- Redagricola. (septiembre, 2020). *Capsicum: 2020 Las exportaciones crecen en lo que va del año*. <https://www.redagricola.com/pe/capsicum-2020-las-exportaciones-crecen-en-lo-que-va-del-ano/>
- Saavedra, G. (2019). *Pimiento y ají*. Instituto de Investigación Agropecuaria. Boletín N° 411, 138-139
- Saavedra, G. Jana, C. Kehr, E. (2019). *Hortalizas para procesamiento industrial*. Instituto de Investigación Agropecuaria. Boletín N° 411, 122-174
- Shock, C y Welch, T. (2013). *El riego por goteo: Una introducción*. Oregon State University.
- Silva, A. Wamser, F. Hiyoshi, R. Bernardes, A. Mendoza, J. (2017). Síntomas de deficiencia de macronutrientes en pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Agrociencia Uruguay*. 21(2) http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=s230115482017000200031&script=sci_arttext#B15
- Zamudio, E. (2013). Efecto del estrés hídrico sobre el metabolismo de capsaicinoides en frutos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) [Tesis de Doctorado, Centro de investigación Científica de Yucatán]. https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/651/1/PCB_D_Tesis_2013_Enid_Zamudio_Moreno.pdf