

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“MANEJO DE FERTIRRIEGO PARA LA NUTRICIÓN DEL PIMIENTO
PIQUILLO (*Capsicum annum* L.) EN CHAVIMOCHIC”**

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

MARLON ALEXIS MALDONADO QUISPE

LIMA – PERÚ

2023

Document Information

Analyzed document	TSP - Marlon Maldonado - versión para antiplagio.docx (D144818821)
Submitted	9/26/2022 4:50:00 AM
Submitted by	RUBY VEGA RAVELLO
Submitter email	rvega@lamolina.edu.pe
Similarity	7%
Analysis address	rvega.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / TSP ELENA VEGA.docx Document TSP ELENA VEGA.docx (D141757505) Submitted by: pgtierrez@lamolina.edu.pe Receiver: pgtierrez.unalm@analysis.arkund.com	 1
W	URL: https://en.wikipedia.org/wiki/1_%2B_2_%2B_3_%2B_4_%2B_%E2%8B%AF Fetched: 9/24/2019 4:58:24 PM	 8
SA	TESIS DE GRADUACION 2015.docx Document TESIS DE GRADUACION 2015.docx (D14232028)	 1
SA	anteproyecto imprimir SUSTENTACIÓN.docx Document anteproyecto imprimir SUSTENTACIÓN.docx (D11542715)	 2

Entire Document

PRESENTACIÓN

El presente trabajo describe la experiencia desarrollada en los campos agrícolas dedicados a la producción de pimiento Piquillo (*Capsicum annuum* L.) de la empresa Danper Trujillo S.A.C., en el distrito de Virú – La Libertad. La compañía se dedica a la producción de pimiento Piquillo, Morrón y Kapia y los exporta en conservas; paralelamente, posee campos dedicados a la producción de alcachofa, espárrago, paltos y arándanos. Es una empresa que se caracteriza por la búsqueda constante del uso eficiente de sus recursos e insumos que expresen el incremento del rendimiento y la mejor calidad de los cultivos a un menor costo. En este sentido, se han adaptado, modificado y mejorado las labores agrícolas en el manejo del cultivo. Es por ello, que se comparte la experiencia en el manejo de la nutrición y la fertirrigación del pimiento Piquillo en aras de alcanzar el objetivo de reducir los costos de producción en mano de obra durante la cosecha. El capítulo III contiene una pequeña revisión de bibliografía sobre la botánica del pimiento Piquillo, los nutrientes y sus funciones, el fertirriego y la fertilización en capsicum. El capítulo IV detalla en la primera parte el manejo agronómico convencional del Piquillo en CHAVIMOCHIC, mientras que en la segunda parte se describe la experiencia de los cambios a nivel nutrición y fertirrigación que impactaron en el rendimiento del cultivo y en la inversión de mano de obra de la cosecha, así como los resultados obtenidos. Finalmente, se presenta algunas conclusiones y recomendaciones con el propósito de que sean de utilidad a los profesionales, técnicos y estudiantes interesados en el cultivo. I. INTRODUCCIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“MANEJO DE FERTIRRIEGO PARA LA NUTRICIÓN DEL PIMIENTO
PIQUILLO (*Capsicum annuum* L.) EN CHAVIMOCHIC”**

Marlon Alexis Maldonado Quispe

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. Mg. Sc. Ruby Vega Ravello

ASESOR

Ing. Mg. Sc. Pedro Pablo Gutiérrez Vélchez

MIEMBRO

Ing. Mg. Sc. Isabel Montes Yarasca

MIEMBRO

LIMA - PERÚ

2023

DEDICATORIA

Dedicado, con mucho amor, a mis padres y hermanos. Por su guía, esfuerzo y sacrificio he podido llegar hasta donde estoy.

A mamá Julia, papá Daniel, mamá Fochi y papá Samuel porque sembraron en mi la semilla de esta linda profesión. Trataré de enorgullecerlos siempre.

A mis tíos, primos y sobrinos. No existe una mejor familia que ustedes.

A Elena, mi colega y compañera de vida. Atravesamos de la mano cada etapa de nuestra amada profesión y con la bendición de Dios, seguiremos logrando juntos todas nuestras metas.

AGRADECIMIENTO

A mi querida UNALM y maestros. Su aporte sobre nuestro país es inconmensurable.

A mi asesora y miembros del jurado por brindar su tiempo y apoyo en este proceso.

A la empresa Danper Trujillo S.A.C. y los ingenieros Kike Zavaleta y Arturo Sánchez por la confianza, sus enseñanzas y las oportunidades brindadas.

A todos mis seres queridos. Es por cada uno de ustedes que hoy puedo cumplir este objetivo.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Problemática	1
1.2	Objetivos:	2
II.	REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA	3
2.1.	PIMIENTO PIQUILLO.....	3
2.1.1.	Importancia	3
2.1.2.	Características morfológicas	3
2.2.	NUTRICIÓN Y FERTIRRIEGO	4
2.2.1.	Nutrientes	4
2.2.2.	Fertirriego.....	9
2.2.3.	Manejo nutricional del pimiento Piquillo	10
III.	DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL	11
3.1.	UBICACIÓN	11
3.2.	CULTIVO DE PIMIENTO PIQUILLO EN CHAVIMOCHIC	11
3.2.1.	Preparación del terreno	11
3.2.2.	Instalación	12
3.2.3.	Fenología del cultivo.....	13
3.2.4.	Manejo fitosanitario	15
3.2.5.	Labores culturales	17
3.2.6.	Cosecha	18
3.3.	NUTRICIÓN Y FERTIRRIEGO DEL PIMIENTO PIQUILLO	19
3.3.1.	Sistema de riego	19
3.3.2.	Sistema de inyección de fertilizantes	20
3.3.3.	Fuentes utilizadas	21
3.3.4.	Nutrición convencional del pimiento Piquillo	21
3.3.5.	Cálculo de la lámina de riego.....	23

3.4.	NUEVA PERSPECTIVA EN EL FERTIRRIEGO Y NUTRICIÓN DEL PIMIENTO PIQUILLO.....	24
3.4.1.	Propuesta de plan de fertilización	25
3.4.2.	Mejoras en el fertirriego.....	31
IV.	CONCLUSIONES.....	33
V.	RECOMENDACIONES.....	34
VI.	BIBLIOGRAFÍA.....	35
ANEXOS	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Función, movilidad y síntomas de deficiencia de los micronutrientes.	8
Tabla 2: Concentraciones de hipoclorito de calcio para la desinfección en campo.	17
Tabla 3: Rendimiento y números de jornales por entrada para cosecha.	18
Tabla 4: Nutrientes totales aportados por campaña de pimiento Piquillo.	22
Tabla 5: Parámetros del nivel humedad del suelo en base a la respuesta de su evaluación manual	23
Tabla 6: Evolución del costo de producción a través de las entradas.	25
Tabla 7: Dosis de fertilización de N y K, valores en miliequivalentes y relación N:K por cada semana de cultivo.	26
Tabla 8: Propuesta de dosis de fertilización para pimiento Piquillo.	28
Tabla 9: Propuesta de dosis de fertilización de N y K, valores en miliequivalentes y relación N:K por cada semana de cultivo.	29
Tabla 10: Evolución del costo de producción a través de las entradas en el nuevo manejo de la nutrición.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Formación de flores, cuajas y frutos del pimiento Piquillo por semana de cultivo.....	14
Figura 2: Crecimiento del cultivo de pimiento Piquillo por semana de cultivo	14
Figura 3: Curva de fertilización del pimiento Piquillo	22
Figura 4: Plan de riego por semana para el cultivo de pimiento Piquillo	24
Figura 5: Crecimiento de raíces en el Pimiento Piquillo	27
Figura 6: Nueva propuesta de curva de fertilización para el pimiento Piquillo	29
Figura 7: Formación de flores, cuajas y frutos del pimiento Piquillo por semana de cultivo con el nuevo plan de nutrición	30
Figura 8: Crecimiento del cultivo de pimiento Piquillo por semana de cultivo con el nuevo plan de nutrición	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Fuentes de nutrientes utilizadas en la fertilización del pimiento Piquillo y sus riquezas.....	38
Anexo 2: Compatibilidad de los principales fertilizantes	39

RESUMEN

En el presente documento se explica el manejo convencional de la nutrición y fertirriego del pimiento Piquillo en Virú – La Libertad, además de algunas propuestas de mejora ejecutadas en estos aspectos. El cultivo se caracteriza por una alta demanda de trabajadores en la cosecha, la que fue disminuida a través de una mayor provisión de nitrógeno que nos llevó a tener plantas más altas y de mayor área foliar. El resultado del cambio en la fertilización fue obtener la cobertura necesaria para que los frutos no se deshidraten, y que esto permita concentrar y reducir el número de entradas. A futuro, se espera conseguir mejores resultados en este sentido, ya que hay nuevas referencias de campos que dieron todo su rendimiento en una sola entrada.

Palabras clave: Piquillo, cosecha, nutrición, fertirriego.

ABSTRACT

This document explains the conventional management of nutrition and fertigation of the Piquillo pepper in Virú - La Libertad, together with some improvement proposals carried out in these aspects. The crop is characterized by a high demand for workers at harvest, which was decreased through a greater supply of nitrogen that led us to have taller plants and greater leaf area. The result of the change in fertilization was to obtain the necessary coverage so that the fruits do not dehydrate, and that this allows concentrating and reducing the number of entries. In the future, it is expected to achieve better results, since there are new reference fields that gave their full yield in a single harvest entry.

Key words: Piquillo, harvest, nutrition, fertigation.

I. INTRODUCCIÓN

El pimiento Piquillo, junto al Morrón, son de los pimientos más exportados y cultivados en nuestro país. Según el Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA) (2022), en el año 2019 se exportaron 22560 toneladas de un total de 998 hectáreas sembradas de esta variedad. La producción del Piquillo se da principalmente en tres departamentos: Lambayeque con el 72 %, La Libertad con el 21.5 % y Piura con el 6.5% de la producción total (SIEA, 2022). Principalmente, este capsicum es producido por empresas agro exportadoras, entre las que destacan: ECOSAC, Danper Trujillo y Sociedad Agrícola Virú, quienes representan el 88% de la producción nacional (Egusquiza, 2017).

1.1 Problemática

Dentro de las labores en campo, la cosecha del Piquillo demanda un alto número de trabajadores porque se realiza de forma manual. Esta situación se ha convertido en un problema para el manejo del cultivo, ya que la competencia por mano de obra en la zona ha incrementado con la llegada de nuevos cultivos como el arándano o el palto, los cuales tienen la ventaja de ser más rentables y pueden ofrecer mejores remuneraciones al personal. Debido a esto, el cultivo se ve en la necesidad de evolucionar hacia un manejo que permita altos rendimientos con menor inversión de mano de obra.

El objetivo de reducir la mano de obra en el cultivo y contar con la necesaria puede cumplirse a través de las diversas oportunidades de mejora. Es por ello, que se trabajó en la búsqueda de elevar la productividad de los campos mejorando la nutrición y el fertirriego para que las cosechas se concentren y puedan hacerse en menos entradas, con lo que se reduce la inversión en mano de obra.

1.2 Objetivos:

1.2.1 Objetivo general

Presentar una propuesta de manejo nutricional del pimiento Piquillo (*Capsicum annuum* L.) a través del fertirriego, elaborada a partir de la experiencia laboral obtenida en la empresa Danper Trujillo S.A.C.

1.2.2 Objetivos específicos

- Compartir el manejo agronómico convencional del pimiento Piquillo en la zona de Chavimochic.
- Describir el programa de fertilización y la técnica de fertirriego aplicada en el pimiento Piquillo para reducir los costos de producción en mano de obra durante la cosecha.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. PIMIENTO PIQUILLO

2.1.1. Importancia

En el año 2019 se produjeron 22560 toneladas de pimiento Piquillo en todo el Perú, en un total de 998 hectáreas. Para el año 2020 la cifra aumentó a 26657 toneladas en 1122 hectáreas cultivadas. Su producción está centrada en tres regiones principales: Lambayeque, La Libertad y Piura (SIEA, 2022). Por su extensión y producción, es un cultivo importante para la agroexportación en la costa norte de Perú.

Adicional a lo mencionado anteriormente, su valor económico también resulta interesante para la agroindustria. Según el CIEN-ADEX (2021), en el 2020 el valor de la producción mundial de Piquillo llegó a los US\$ 3407.2 millones, con un crecimiento del 6% respecto al año anterior, donde los principales compradores mundiales fueron Estados Unidos, Japón y Alemania y los principales exportadores fueron China con el 36.8% de la producción, Países Bajos con el 5.1% y Perú con el 5.4%. En el caso de nuestro país, las exportaciones llegaron a un valor de US\$ 238.9 millones, con un crecimiento del 17.6% respecto al año anterior.

2.1.2. Características morfológicas

a. Raíces

Los pimientos poseen un sistema radicular pivotante que llega a profundizar hasta los 120 cm en algunas variedades. Además, posee un elevado número de raíces adventicias y tiene la capacidad de generar raíces secundarias de su tallo cuando este es privado de luz (Maroto, 2002).

b. Tallo y hojas

El tallo es normalmente erecto, herbáceo en sus etapas iniciales y hacia su madurez se torna leñoso en la base. Su crecimiento es semi indeterminado y cada sección se ramifica en dos, las cuales van subdividiéndose de la misma manera; por lo general, en cada bifurcación se produce una hoja y una flor. Posee hojas simples de forma ovalada y en algunos casos lanceolada, con la punta estrecha y puntiaguda; además, están unidas al tallo por un pecíolo de 1 a 3 cm. y casi no tienen presencia de tricomas o vellosoidad (Fornaris, 2005).

c. Flores, frutos y semillas

Las flores poseen los pétalos de color blanquecino y normalmente aparecen una por cada nudo del tallo insertadas en la axila de la bifurcación. Su polinización es autógama, presentando un porcentaje de alogamia de máximo 10% en algunos casos. Los frutos del pimiento son bayas de pared gruesa, principalmente de color rojo, naranja o amarillo en la madurez, y su peso oscila entre 1 g hasta 300 g dependiendo de la variedad. Las semillas son redondeadas y reniformes, de 3 a 5 mm de longitud, estas se insertan sobre una placenta cónica central (Maroto, 2002).

El fruto de pimiento Piquillo tiene aproximadamente 10 cm de largo y 5 cm de ancho, con forma triangular y un ápice agudo. Su pulpa es dulce, gruesa y con un exocarpo o “piel” más dura que en los otros pimientos (MAPA, 2022).

2.2. NUTRICIÓN Y FERTIRRIEGO

Para obtener los rendimientos esperados en los pimientos se deben cubrir los requerimientos nutricionales en las cantidades y momentos que el cultivo los demande. Este objetivo se logra a través de la fertilización y riego adecuados (Gutierrez, 2019).

2.2.1. Nutrientes

Los vegetales requieren de elementos esenciales para su subsistencia, los cuales también son denominados nutrientes. Para que un elemento sea reconocido como tal, debe ser parte de una estructura o participar en una reacción bioquímica indispensable para el metabolismo de las plantas. En ausencia del mismo, el organismo terminará muriendo y no completará su ciclo de vida (Vidal, 2019).

Los nutrientes pueden dividirse en macronutrientes primarios y secundarios y micronutrientes. Los primeros son denominados así por ser demandados en grandes cantidades; pero, el suelo no los abastece, aquí encontramos al nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Mientras que, a los secundarios, el suelo si los puede suplir y tenemos al calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). Los microelementos son requeridos en cantidades mínimas por las plantas, aunque no dejan de ser esenciales y la deficiencia de alguno de estos es igual de limitante que la de un macronutriente. Los microelementos son boro (B), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo) y cloro (Cl) (Sela, 2019).

De acuerdo con Vidal (2019), “la lista de nutrientes que satisface el criterio directo y/o indirecto, es la siguiente: Macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S - Micronutrientes: B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn. Dentro de los elementos indicados, los más recientes incluidos en la lista corresponden a cobalto, níquel y selenio” (p.17).

Existen otros elementos minerales que no son esenciales; sin embargo, en algunos casos su presencia resulta siendo benéfica. A estos se les denomina “elementos benéficos” y podemos considerar al sodio y silicio (Vidal, 2019).

a. Nitrógeno

Es parte de la estructura de la molécula de clorofila, ácidos nucleicos y proteínas. Es un elemento abundante en la atmósfera; sin embargo, las plantas los toman principalmente por las raíces en forma de NH_4^+ y NO_3^- , y en menor cantidad en sus formas orgánicas a través de hojas o raíces. El NO_3^- será transformado a NO_2^- por la enzima nitrato reductasa y posteriormente será reducido por la enzima nitrito reductasa a NH_4^+ . El nitrógeno es constituyente de proteínas, enzimas, nucleótidos, aminoácidos y la clorofila. Aunque también puede encontrarse en la planta de manera inorgánica en forma de acumulaciones de NO_3^- (Favela *et al.*, 2006).

El nitrógeno es un elemento bastante móvil tanto en el suelo como dentro de la planta y su deficiencia puede ser observada como una clorosis o amarillamiento en las hojas más adultas (Vidal, 2019); sin embargo, deficiencias leves pueden repercutir en un menor crecimiento de los órganos de la planta, mientras que deficiencias extremas toda la planta se torna amarilla y un muy reducido crecimiento y desarrollo (Favela *et al.*, 2006).

b. Fósforo

Es componente de enzimas y proteínas, ARN, ADN y ATP. Por ello, juega un papel importante en el uso de energía de los vegetales; además, de ser esencial para la multiplicación celular y formación de tejidos nuevos (Favela *et al.*, 2006). En las semillas puede ser hallado almacenado como ácido fítico (Vidal, 2019).

Es absorbido principalmente por las raíces en su forma aniónica como H_2PO_4^- , y en menor medida como HPO_4^{2-} . La forma iónica que se presente va a depender del pH en el que se encuentre el medio (Sela, 2019). Es un elemento poco móvil en el suelo, por lo que la intercepción radicular será la forma en que llegue a las raíces, además del lento movimiento de difusión por gradientes de concentración. Una vez allí, es absorbido de forma activa (Vidal, 2019).

Contrariamente a su comportamiento en el suelo, el fósforo en la planta suele ser bastante móvil. Por esta razón, su deficiencia suele notarse en las hojas más viejas de la planta como manchas púrpuras y rojizas y un verde más oscuro de lo normal. Si la deficiencia no es corregida se disminuirá drásticamente el crecimiento de la planta (Favela *et al.*, 2006).

c. Potasio

Es activador de una gran cantidad de procesos metabólicos. Está directamente involucrado en la regulación hídrica de las células vegetales y en la apertura y cierre de estomas. Además, promueve la acumulación y traslocación de los fotosintatos (Favela *et al.*, 2006).

En el suelo posee una altísima movilidad, llegando a las raíces a través del movimiento por flujo de masas. Este elemento es absorbido como K^+ a través de gasto de energía y dentro de la planta es muy móvil, por lo que su deficiencia es vista primero en las hojas más viejas como una clorosis en los contornos seguida de una necrosis de la misma zona (Vidal, 2019).

d. Calcio

El calcio es, principalmente, un elemento estructural. Forma parte de las paredes y membranas celulares. Además de ello, también cumple funciones de cofactor de algunas enzimas. Conforman la pectina en forma de pectato de calcio, por lo que contribuye directamente con la rigidez de la pared celular (Favela *et al.*, 2006).

El calcio es de alta movilidad en el suelo, llegando a las raíces por el movimiento de flujo de masas (Vidal, 2019). Las raíces lo absorben como Ca^{2+} de manera pasiva a través de las zonas radicales en crecimiento, donde aún no se han conformado las bandas de Caspari. El Calcio ingresa a la planta junto con la absorción de agua y se mueve dentro de la misma en el sentido del movimiento del agua. Una vez fijado en su función, su movilidad es muy limitada dentro de la planta (Sela, 2019).

El calcio es un elemento poco móvil que, una vez fijado en una zona del organismo, será imposible movilizarlo a otro punto, por lo cual su deficiencia se muestra en los tejidos más jóvenes como deformación y necrosis de tejidos nuevos, además de *blossom end rot* en los frutos. Ocasionalmente el calcio puede encontrarse en concentraciones adecuadas y aún así mostrar deficiencias debido a que está presente en forma de cristales de oxalato de calcio, los cuales son precipitados que no se pueden aprovechar (Favela *et al.*, 2006).

e. Magnesio

El magnesio es un elemento estructural indispensable para la conformación de la molécula de clorofila. También, cumple función como cofactor de enzimas que intervienen en el metabolismo del ATP, por lo que es importante también en los procesos energéticos del organismo (Favela *et al.*, 2006).

Este elemento es absorbido como Mg^{2+} y se mueve en el suelo a través del flujo de masas (Vidal, 2019). Ingresa a las células radicales por difusión a través de una gradiente de concentración, por lo que su ingreso a las plantas va a estar sujeto a la cantidad de Mg^{2+} en la solución de suelo (Sela, 2019).

Una vez ingresado a la planta posee una alta movilidad. Por ello, su deficiencia suele observarse en las hojas más viejas a modo de una clorosis internerval, que posteriormente muestra necrosis en la zona interior de la hoja. Su ausencia marca también la ausencia de clorofila; por tanto, el crecimiento y desarrollo del cultivo se ve seriamente afectado (Favela *et al.*, 2006).

f. Azufre

Cumple una función importante en la síntesis de proteínas. Es componente estructural de los aminoácidos cisteína, cistina, tiamina y metionina. Además, es parte de la Coenzima A, Vit

B1 y otros carbohidratos que confieren características de olor y sabor en algunas hortalizas (Favela *et al.*, 2006).

El azufre es absorbido como SO_4^- por la planta de manera activa y en el suelo tiene una alta movilidad, mientras que en la planta su movilidad es variable (Sela, 2019). Su deficiencia se presenta muy parecida a la del nitrógeno, con la diferencia que esta se da en las hojas más jóvenes (Favela *et al.*, 2006).

g. Microelementos

Dentro de estos elementos están el B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn (Vidal, 2019). Sus principales características son detalladas en la tabla 1.

Tabla 1: Función, movilidad y síntomas de deficiencia de los micronutrientes

Elemento – Forma de absorción	Función	Movilidad en la planta	Síntomas de deficiencia
B – H_3BO_3	Metabolismo de CHO's, ADN y ARN. Germinación del tubo polínico y traslocación de fotosintatos.	Inmóvil	Muerte de puntos de crecimiento. Hojas y frutos deformes. Pecíolos débiles.
Fe – Fe^{2+}	Activa los citocromos, interviene en la producción de clorofila y reacciones redox del transporte electrónico.	Inmóvil	Clorosis internerval en hojas más jóvenes.
Mn – Mn^{2+}	Cofactor en varias reacciones enzimáticas y constituyente principal de los cloroplastos.	Inmóvil	Clorosis y necrosis internerval en hojas jóvenes.
Cu – Cu^{2+}	Síntesis de lignina, reacciones redox, formación de polen y fecundación	Lenta movilidad	Clorosis y necrosis internerval. Curvado de hojas hacia el envés.
Zn – Zn^{2+}	Metabolismo de auxinas, cofactor enzimático, síntesis de nucleótidos.	Lenta movilidad	Enanismo, clorosis internerval en el tercio medio.
Mo – MoO_4^{2-}	Fijación de N, reducción del NO_3^- . Activa las enzimas nitrogenasa y nitrato reductasa.	Lenta movilidad	Falta de vigor y achaparramiento.
Cl – Cl^-	Interviene en la evolución del oxígeno en la fotosíntesis. Además, regula la apertura y cierre de estomas.	Móvil	Decoloración perimetral y marchitamiento en hojas más viejas.

Fuente: Vidal (2019)

h. Relación nitrógeno – potasio

Los carbohidratos fotosintetizados que no son consumidos por el propio vegetal en la respiración serán transformados a moléculas más grandes y formarán parte de cadenas estructurales o de reserva. Una mayor presencia de nitrógeno promoverá una mayor síntesis de aminoácidos y proteínas, que repercutirá en la producción de nuevas células, crecimiento de órganos y un comportamiento más vegetativo. Por otro lado, una mayor presencia de potasio, hará que estos azúcares sean transportados y almacenados en los órganos de reserva, en desmedro del crecimiento vegetativo de la planta (Montgomery y Castro, 2017).

Este comportamiento opuesto entre ambos nutrientes resalta la importancia de la relación N:K para la nutrición de los cultivos, la cual irá variando su valor de acuerdo al efecto que se busque lograr en la planta. Hernández *et al.* (2009) refieren que un crecimiento equilibrado, con mejor producción, calidad y tamaño de frutos de tomate indeterminado se logró con una relación en meq L⁻¹ de 1:0.75. Los valores para cada cultivo no están claramente determinados; sin embargo, es conocido el efecto en las plantas de manipular la relación entre estos dos elementos.

2.2.2. Fertirriego

Se conoce como fertirrigación a la técnica que utiliza el agua como vehículo de los fertilizantes hacia el suelo o sustrato. Esto nos da la oportunidad de ser más eficientes con el uso de nuestras fuentes de nutrientes e incrementar los beneficios económicos de los cultivos (Kafkafi y Tarchitzky, 2012).

Para que se pueda ejecutar el fertirriego en sistemas de riego por goteo, es necesario contar con infraestructura y algunos equipos de aplicación. De todos ellos, los más importantes son los equipos de inyección, aquellos que introducirán los fertilizantes disueltos al sistema de riego. Pinna (2017) menciona diversos métodos de inyección; sin embargo, los más usuales son la inyección por aparatos Venturi y por electrobombas. En el primer caso la inyección se logra por la generación de un diferencial de presión dentro del instrumento, que hace que exista succión y así se inyecten las mezclas. En el segundo caso las bombas generan una presión mayor a la existente en el sistema de riego y así inyectan la solución con fertilizantes.

a. Fertilizantes usados en el fertirriego

Existen una amplia cantidad de fertilizantes a utilizar en el fertirriego, de formulación líquida o sólida. Su elección va a depender de que estén disponibles en el mercado y su costo sea accesible, su reacción con los iones disponibles en el agua de riego, las condiciones del suelo y el tipo de cultivo y su fenología. En general, los fertilizantes deben ser de elevada y completa solubilidad, alta pureza, no aportar iones que puedan dañar al cultivo; además, fáciles de manejar en la operación del fertirriego (Kafkafi y Tarchitzky, 2012).

Los problemas de incompatibilidad de los fertilizantes suelen mostrarse en la preparación de estos en alta concentración. En este punto debe revisarse cuidadosamente la compatibilidad de las fuentes y sus iones para evitar reacciones químicas no deseadas (Santos y Rios, 2016). En el Anexo 1 se pueden ver las fuentes utilizadas en la zona de Chavimochic con sus respectivos porcentajes de pureza, y en el Anexo 2 una tabla de compatibilidades reportada por Proain Tecnología Agrícola (2020).

2.2.3. Manejo nutricional del pimiento Piquillo

Pese a la importancia del pimiento Piquillo para la costa norte peruana, es difícil encontrar publicaciones que refieran un plan nutricional para la variedad, incluso sucede algo similar para las otras variedades de la especie. Ocupa (2019) menciona una dosis de 240 N – 140 P₂O₅ – 260 K₂O – 60 CaO – 60 MgO para el cultivo de pimiento Páprika en el departamento de Piura en una zona de valle. Por otro lado, Alva (2015) refiere para el Piquillo de 300 N – 300 P₂O₅ – 400 K₂O – 120 CaO – 20 MgO en la zona de Chavimochic.

La información presentada en el párrafo anterior hace referencia a dosis de fertilización recomendadas por los autores mencionados; sin embargo, lo correcto y más adecuado para la determinación de una dosis de fertilización sería determinar la extracción total del cultivo y a partir de allí, en base a la eficiencia del método de fertilización y las fuentes a utilizar, se determine una dosificación (Allende, 2014).

III. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

3.1. UBICACIÓN

La experiencia laboral desarrollada y descrita en el presente trabajo monográfico fue realizada entre los años 2018 y 2020 en los campos agrícolas instalados en la irrigación de Chavimochic en región de La Libertad, los cuales pertenecen a empresa agroindustrial Danper Trujillo S.A.C. Esta agroexportadora se dedica a la producción y exportación de frutales y vegetales en fresco y procesados, dentro de los cuales se encuentra el pimiento (*Capsicum annuum* L.) en las variedades Piquillo, Kapia y California, principalmente. Adicional a estos, otras compañías de la zona tienen en su lista de productos a los pimientos de las variedades Lágrima, Jalapeño, Paprika, entre otros.

3.2. CULTIVO DE PIMIENTO PIQUILLO EN CHAVIMOCHIC

Por lo general, el cultivo de pimiento en la costa norte del Perú se maneja en dos campañas o semestres a lo largo del año. La primera en el departamento de La Libertad, con siembras entre los meses de setiembre y diciembre, y cosechas entre los meses de enero y abril. La segunda en el departamento de Lambayeque, con siembras entre los meses de marzo y junio, y cosechas entre los meses de julio y octubre. La finalidad de la producción agrícola obtenida a campo abierto son los pimientos procesados y exportados en conservas. La producción para exportación en fresco aún no está dentro del negocio de los capsicum, aunque se realizaron algunos pilotos orientados principalmente al pimiento California.

3.2.1. Preparación del terreno

El pimiento Piquillo es una especie vegetal anual; por lo cual, finalizada cada campaña, el cultivo es eliminado del campo para dar inicio a la preparación del terreno de la nueva campaña. La preparación del terreno es iniciada por una aradura con arado de reja y vertedera, que expone las zonas inferiores del suelo para su solarización por la radiación solar durante 30 días, posterior a ello se aplica dos pasadas más de este implemento cada mes, haciendo un total de 3 meses en solarización.

Finalizados los tres primeros meses, se procede a nivelar el terreno y se inicia el riego para estimular la germinación de malezas y de las semillas del cultivo anterior. Este riego se ejecuta por aproximadamente 25 días, con un gasto promedio de $1000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Las malezas germinadas son eliminadas con el paso de una grada pesada, tras lo cual se vuelve a regar por dos días y el campo queda listo para el trasplante.

3.2.2. Instalación

Es común que el Piquillo en la irrigación Chavimochic se instale en campo a través del trasplante de plantines desarrollados previamente en vivero. Son pocas las empresas agrícolas que producen sus propios plantines, generalmente se contrata el servicio de otras compañías dedicadas a este negocio.

Las semillas se siembran en bandejas hortícolas de 200 celdas y el volumen de cada celda es de 6 cm^3 . Se considera un plantín óptimo para el trasplante cuando cumple los siguientes parámetros: tener 42 días desde su siembra en vivero, tamaño entre 12 y 15 cm y un mínimo de 4 hojas verdaderas.

En los últimos 10 años, el trasplante ha recibido mejoras en su proceso, pasó del trasplante manual al trasplante mecanizado. Este último asegura homogeneidad en la profundidad del plantado y en el marco de plantación; además, de una notable reducción en el daño físico a los plantines y mano de obra invertida.

La densidad de plantación de los campos comerciales es manejada en $45000 \text{ plantas ha}^{-1}$ con distanciamiento entre surcos de 1.8 m a doble hilera distanciadas en 35 cm y con distanciamiento entre plantas de 22 cm. La distancia entre surcos, hileras y plantas puede variar principalmente debido al sistema de riego disponible (Pinna, 2017); sin embargo, la densidad de plantas suele mantenerse.

Según Pinna (2017), en la zona de Chavimochic el distanciamiento entre surcos recomendado se establece en 1.8 a 1.9 m. Por otro lado, Gutierrez (2019) menciona un distanciamiento de 1.75 m como lo usual en un campo comercial en la zona de Virú. Además, se especifica una densidad de plantas por hectárea de 30000 a doble hilera, 0.40 m entre hileras y 0.34 m entre plantas, con calles de aplicación cada 10 surcos.

La densidad de plantación ha sufrido cambios a través del ensayo y error, habiendo iniciado el cultivo en 30000 plantas ha⁻¹ hasta llegar a las 45000 actuales. Esto coincide con lo mencionado por CEDEPAS (2022) y Gutierrez (2019), quienes refieren densidades entre 30000 y 50000 plantas por hectárea como lo manejado comercialmente en el Perú.

3.2.3. Fenología del cultivo

Posterior al trasplante, el manejo agronómico es definido en base a la evolución de la fenología del cultivo, tomando como patrón las curvas de crecimiento y formación de órganos por semana del mejor campo de campañas anteriores. De esta manera, se hacen ajustes en el manejo, buscando igualar el desarrollo del cultivo actual con el más productivo de campañas anteriores.

Para el pimiento Piquillo desarrollado en Chavimochic se consideran 35000 kg ha⁻¹ como un rendimiento óptimo. Los frutos pesan en promedio 35 g y existen pérdidas aproximadas de un 10% del total de la fruta. Considerando esto, los campos deben llegar al día de la cosecha con un promedio mínimo de 25 frutos formados por planta.

En las evaluaciones se cuentan las flores abiertas, cuaja y frutos. En el pimiento Piquillo se considera como cuaja a los ovarios fecundados que tienen una longitud máxima de 1 cm, superado este valor se contabiliza como fruto. Esto debido a que, según la experiencia desarrollada, los órganos que superen esa longitud ya no serán abortados por causas fisiológicas.

El tiempo promedio que pasa desde que la flor está abierta hasta que el fruto está maduro y listo para cosechar es de 45 días, aproximadamente. Posteriormente, dependiendo de la exposición a las condiciones ambientales, podrían soportar en la planta hasta 10 días más sin sufrir deshidratación.

El pico de floración se puede observar entre las semanas 8 y 11, que coinciden con las mayores tasas de crecimiento del cultivo. Desde la plantación hasta estos picos de crecimiento y formación de órganos se considera como la etapa más sensible y crítica del cultivo, en la que algún error en el manejo puede limitar el desarrollo y disminuir el potencial productivo (Figuras 1 y 2).

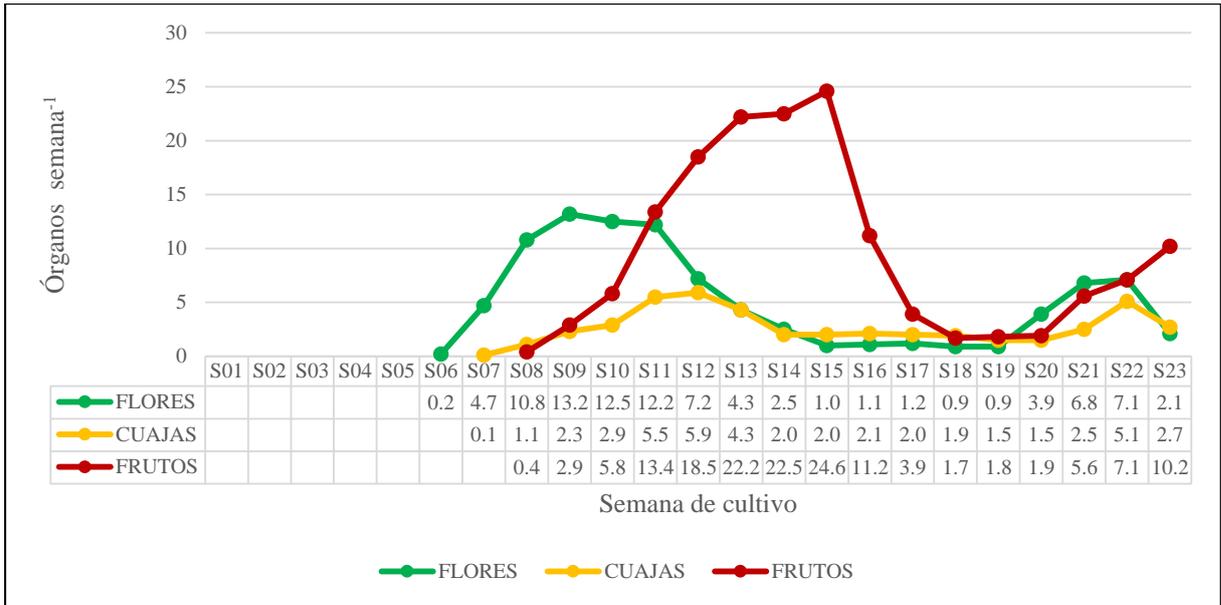


Figura 1: Formación de flores, cuajas y frutos del pimiento Piquillo por semana de cultivo

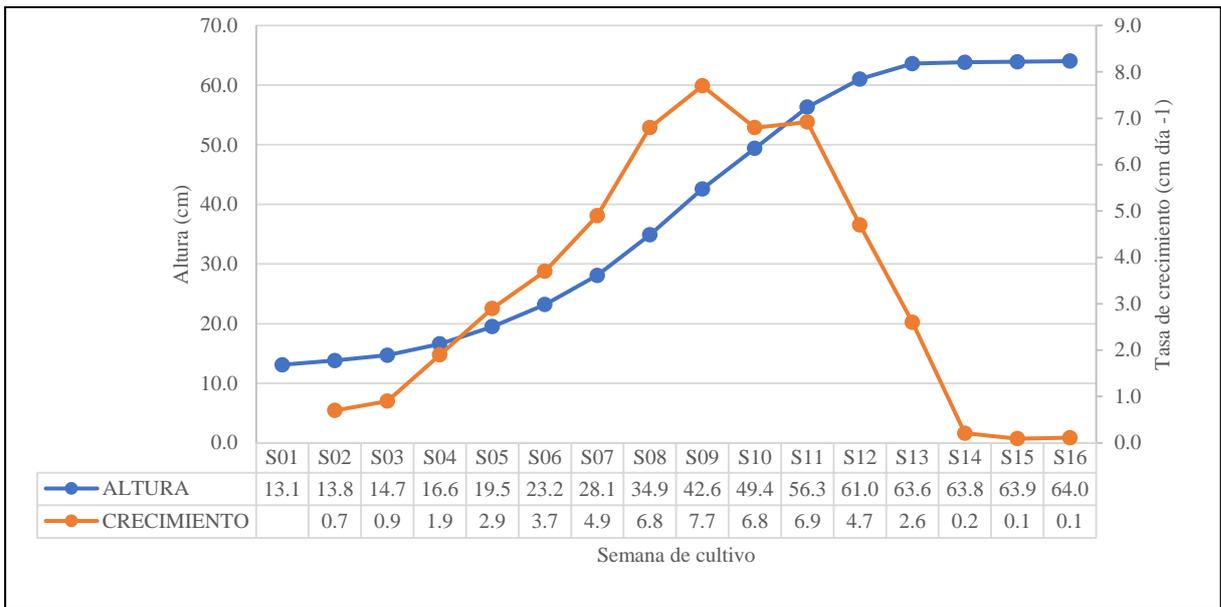


Figura 2: Crecimiento del cultivo de pimiento Piquillo por semana de cultivo

3.2.4. Manejo fitosanitario

En la zona de Chavimochic se observan las siguientes plagas principales para el cultivo de pimiento Piquillo: *Thrips tabaci*, *Spodoptera frugiperda*, *Chloridea virescens* y *Prodiplosis longifila*, y *Leveillula taurica* como enfermedad principal. Estas irán presentándose con mayor o menor importancia de acuerdo a la fenología del cultivo. Sumado a ellas, el pimiento Piquillo presenta frecuentemente infecciones por distintos tipos de virus, los cuales pueden disminuir drásticamente el rendimiento del cultivo.

a. *Thrips tabaci*

Este insecto suele causar problemas entre las semanas 01 y 04 del cultivo, cuando aún no se presentan flores abiertas, sino sólo brotes y botones florales. Los individuos migran con el viento de los campos vecinos de espárrago u otros cultivos y llegan en gran cantidad hacia los campos recién instalados de pimiento Piquillo.

b. *Prodiplosis longifila*

También conocido comúnmente como “Caracha”. Esta plaga ataca principalmente tejidos jóvenes, turgentes y con las paredes celulares aún delgadas. Además, para su mejor proliferación necesita condiciones de alta humedad relativa, sombra y poco viento. Todos estos factores suelen presentarse en la etapa de mayor crecimiento y formación de órganos del cultivo, entre las semanas 6 y 12, aproximadamente. Aquí los adultos suelen colocar sus huevos en los brotes jóvenes y en las cuajas, donde daños leves producen pequeñas costras entre el cáliz y el fruto que lo deforman y disminuyen su tamaño; pero, daños más importantes llevan a grandes cicatrices que hacen que el fruto sea inutilizable como materia prima e incluso al aborto de frutos por parte de la planta (Ortiz, 2020).

c. *Spodoptera frugiperda* y *Chloridea virescens*

Las larvas de estos dos insectos producen significativos daños en el cultivo desde la semana 10 en adelante, cuando las plantas cuentan con frutos formados. *Spodoptera frugiperda*, en sus primeros estadios larvales, suele hacer un orificio en los frutos jóvenes, introducirse en ellos y alimentarse de las partes internas. Por otro lado, *Chloridea virescens*, no suele ingresar en los frutos, sino dañar varios de ellos en su alimentación. Según Ortiz (2020), a estos se les pueden sumar otros lepidópteros como *Symmetrischema capsicum*, *Symmetrischema capsicivorum* y recientemente *Helicoverpa armígera*.

Tras los ataques de estos lepidópteros, los frutos dañados no califican para su aprovechamiento como materia prima debido a que las heces de las larvas son un contaminante y un riesgo para el proceso por el riesgo de presencia de larvas en el producto terminado y porque las heridas ocasionadas son vías de acceso para patógenos secundarios.

d. Leveillula taurica

Esta enfermedad es conocida comúnmente en la zona como “Oidiosis”. El SINAVIMO (2022) la refiere como un ascomiceto del orden de los Erysiphales, cuyos principales hospedantes son las solanáceas, aliáceas y cucurbitáceas.

Ataca principalmente las hojas y sus ataques inician por el tercio inferior del cultivo, en las hojas más adultas. Posteriormente, si la infección no se controla, ataca a las hojas más jóvenes llegando a producir defoliación de la planta (Rolleri, 2006).

En campos con severas infestaciones suelen verse rápidas defoliaciones, lo que genera frutos más pequeños por disminuirse severamente el área fotosintética de la planta. Además, al verse expuestos los frutos al ambiente, suelen deshidratarse con mayor velocidad e incluso presentar quemaduras por sol.

e. Virus

En el proyecto Chavimochic de la región La Libertad los capsicum suelen ser afectados por diversos virus. Estos suelen ser demasiado agresivos una vez ingresados en un campo, llegando a disminuir los rendimientos en más del 50%. Dentro de este grupo de virus podemos encontrar principalmente al: virus del mosaico del tomate (ToMV), virus del moteado suave del pimiento (PMMoV), virus peruano de tomate (PTV), virus de la peste negra (TSWV), virus del mosaico de la alfalfa (AMV) y el virus Y de la papa (PVY). Estos son transmitidos por contacto, por las propias semillas y por insectos picadores chupadores (Delgado y Cedano, 2010).

Ante este problema se establece la prevención como principal defensa. Las semillas deben estar libres de virus, por lo que antes de enviarlas al vivero se hace un análisis fitopatológico. Se deben de mantener bajas las poblaciones de picadores – chupadores en el cultivo. Las personas, herramientas y maquinaria que recorran el campo y estén en contacto con las plantas deben de desinfectarse constantemente con soluciones de hipoclorito de calcio, según lo establecido en la tabla 2. Además, se aplican inhibidores de la infección, como leche en

polvo a una dosis de 250 g cil⁻¹ o los productos comerciales como Virus Stop o Greenpower No + Virus, los cuales son denominados “inductores de resistencia”.

Tabla 2: Concentraciones de hipoclorito de calcio para la desinfección en campo

Tipo	Hipoclorito de calcio (mg L⁻¹)
Desinfección de manos	20
Desinfección de herramientas	200
Desinfección de equipos y maquinaria	400

3.2.5. Labores culturales

Dentro de las labores culturales realizadas tras el trasplante del pimiento Piquillo, las principales son las siguientes:

a. Pasadas de cultivadora

La pasada de cultivadora es una labor mecanizada que se realiza con dos fines: el más importante es descompactar el suelo para una mejor exploración de raíces y mayor oxigenación y el segundo fin es eliminar las malezas germinadas. Esta labor se hace 3 veces en la campaña. La primera es a los 5 días después de trasplante (ddt), la segunda a los 15 ddt y la tercera a los 25 ddt. Con la remoción del suelo se trata no sólo de eliminar las malezas ya germinadas, sino también de interrumpir el proceso germinativo.

Esta labor es realizada con un implemento conocido como “cultivadora”, consistente en 5 uñas verticales de 15 cm de ancho que rompen el suelo profundizando hasta los 20 cm y llevan el mismo hacia el cuello de planta enterrando las malezas que estén germinando (1-3 cm). Se disponen de la siguiente manera: una al centro de las dos hileras de un surco y dos más a cada lado del surco, distanciadas 20 cm de la hilera de plantas y 20 cm entre ellas.

b. Aporque

El aporque es realizado normalmente a los 35 ddt y se realiza con un aporcador de discos jalado por un tractor. Con esta labor se busca que el cuello de planta sea cubierto por un mínimo de 15 cm de suelo.

Esta labor se hace con dos finalidades, la principal es para dar soporte a las plantas porque en ausencia del aporque se ha visto que el tallo no soporta el peso de los frutos y termina acamándose en el suelo. También, para recibir suelo en el cuello que incentivará la producción de raíces secundarias.

c. Desmalezado

El desmalezado en el pimiento Piquillo es una labor manual y se realiza de manera periódica durante toda la campaña con una frecuencia de 10 días entre cada entrada. Con esto se busca eliminar las malezas cuando estas están en su etapa vegetativa y aún no han producido semillas que puedan aumentar el banco de semillas de malezas del campo.

3.2.6. Cosecha

El pimiento Piquillo tiene un rendimiento objetivo de 35000 kg ha⁻¹. Normalmente, este rendimiento es alcanzado en 5 entradas con un rendimiento promedio de 225 kg jornal⁻¹. En la primera entrada se obtiene el mayor rendimiento del campo y se utiliza con el mayor número de jornales de cosechadores, ambos van disminuyendo su valor conforme se avanza la cosecha (Tabla 3).

Tabla 3: Rendimiento y números de jornales por entrada para cosecha

Entrada para cosecha	1	2	3	4	5	Total
Semana de cultivo	16	17	18	19	20	-
Jornales	40	35	35	20	25	155
kg jornal ⁻¹	475	286	100	74	40	225
kg ha ⁻¹	19000	10000	3500	1500	1000	35000

La cosecha se realiza en sacos de 20 kg y los cosechadores ingresan surco a surco extrayendo manualmente los frutos maduros. Los jabereros sacan los sacos del campo hacia los caminos y allí la materia prima es vertida en bins de 250 kg, los cuales son cargados por montacargas a los tráileres que los conducirán a la planta de procesamiento.

La cosecha es controlada a través de los líderes de grupo, quienes tienen en sus equipos de trabajo a 20 cosechadores, entre 1 y 3 jabereros dependiendo de la entrada y 1 anotador de datos. A la vez, los líderes son monitoreados por el Supervisor de Producción, quien reporta al Jefe de Fundo.

3.3. NUTRICIÓN Y FERTIRRIEGO DEL PIMIENTO PIQUILLO

El pimiento Piquillo en la zona de Chavimochic suele ser provisto de agua y nutrientes a través de la técnica del fertirriego. Para esto se usan sistemas de riego localizados de alta frecuencia en su modalidad de “riego por goteo”.

3.3.1. Sistema de riego

En los fundos manejados en esta experiencia, se establece la distribución del área bajo riego a través de lotes controlados cada uno por una válvula, un conjunto de lotes o válvulas establecen un turno de riego y un conjunto de turnos establecen un módulo de riego. Un lote puede tener entre 1 y 2 hectáreas de superficie, un turno puede estar conformado por 4 a 5 lotes alcanzando entre 4 a 10 hectáreas y un módulo puede tener entre 4 a 6 turnos de riego agrupando entre 16 y 60 hectáreas. Esta distribución va a depender de la tubería empleada, la capacidad de los equipos usados para proveer de agua al sistema (motobombas o electrobombas), el relieve del terreno, entre otros factores.

En la zona de “Cabezal de riego” o también llamada “Filtrado” se concentran los equipos de bombeo de sistema de riego (motobombas, electrobombas, variadores eléctricos), los equipos de filtrado (filtros de malla, grava o anillos), los equipos de fertilización (bombas de mezcla, tanques de mezcla, tanques de inyección, bombas de inyección) y los equipos controladores de riego. Desde aquí se maneja el riego y fertilización de uno o más módulos, de manera automatizada.

Por lo general, cada módulo tiene sus tuberías de conducción independizadas; así como, un equipo de filtrado y bombeo propios. De esta manera, cada módulo funciona sin depender de los otros, pudiendo distribuir las 24 horas de riego de un día únicamente entre sus turnos.

3.3.2. Sistema de inyección de fertilizantes

En el fertirriego se utiliza el agua conducida a través del sistema de riego como el vehículo que lleva los nutrientes hacia las raíces de las plantas. Para esto, es necesario utilizar fuentes solubles que puedan ser inyectadas hacia las tuberías (Pinna, 2017).

La fertilización, al igual que el riego, se ejecuta por turnos de riego. Una vez obtenido el programa de fertilización del día, se programa la inyección de los nutrientes en uno o más ciclos de cada turno. Estos fertilizantes son disueltos en los tanques de premezcla asignados para cada fuente según su compatibilidad, luego son elevados a sus respectivos tanques por cada fuente e inyectados al sistema durante el riego.

En cada caseta se debe tener un tanque exclusivo para nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, microelementos y bioestimulantes, cada uno con su propia bomba de inyección con la finalidad de evitar las reacciones por incompatibilidad y de poder diferenciar con libertad la fertilización de cada elemento en cada turno.

Para poder ser precisos con la fertilización y garantizar que cada gramo de fertilizante programado les llegue a los turnos destinados, se debe evaluar el tiempo que transcurre entre la inyección de la última gota de fertilizante y el momento en que esta llega al punto más lejano del lote más lejano de cada turno (denominado punto crítico). Esto se logra con mediciones de pH y conductividad eléctrica (CE) (dS m^{-1}) en el “punto crítico” de cada turno antes, durante y después de la fertilización, cada 5 minutos. La referencia son los valores del agua de riego sin fertilizantes, una vez que la CE en gotero aumenta o el pH sufre alguna variación en su valor, se asume que hay ingreso de fertilizantes. Una vez que los valores retornan a ser los del agua de riego sin fertilizantes, se asume que todo el fertilizante ya se descargó de la tubería.

Esta medición se hace como control una vez al mes dentro de la campaña porque realizarlo a diario demandaría una alta inversión de tiempo y mano de obra. Las mediciones ejecutadas se van registrando y se establece a través de ellas un “tiempo de pasado de fertilizantes” para cada turno de riego. Así se sabrá, una vez terminada la inyección de la última gota de

fertilizantes, cuánto tiempo debo esperar para cambiar el riego hacia otro turno y que le llegue a cada turno cada gramo de fertilizante que se le programó.

3.3.3. Fuentes utilizadas

El Anexo 1 detalla la mayoría de fuentes de nutrientes utilizadas y sus leyes. Así mismo, en el Anexo 2 se presenta la tabla de compatibilidad de los principales fertilizantes según Proain Tecnología Agrícola (2020).

Para cada elemento se tienen diversas fuentes. La decisión de usar una u otra fuente va a depender del costo por cada kg de elemento aplicado, las consecuencias en el uso, la solubilidad y la compatibilidad de las fuentes. Por ejemplo, el cloruro de potasio suele ser más barato y soluble que el sulfato de potasio; pero, algunas experiencias en los suelos de Chavimochic próximos a los campos donde tenemos los cultivos instalados reportaron condiciones de alta salinidad y fitotoxicidad por exceso de Cl^{-1} en el suelo, por lo que usar una fuente con cloro es considerado como un alto riesgo de repetir estos problemas en el cultivo ya establecido o en las futuras campañas. Otro ejemplo sería el comparativo entre el sulfato y nitrato de amonio, donde el sulfato de amonio es más barato comparando el costo por kg de N; pero, menos soluble que el nitrato de amonio. Entonces, dadas las grandes cantidades de sulfato de amonio a utilizar y el tiempo adicional que se invertiría en su inyección, es más valioso ahorrar en tiempo de inyección del fertilizante, por lo que se prefiere utilizar el nitrato de amonio sobre el sulfato.

Se debe tener cuidado al trabajar con nutrientes cálcicos y al mezclar estos con fuentes que contengan el ion sulfato porque su interacción genera la precipitación del calcio como sulfato de calcio (yeso), el cual es muy poco soluble, reduce el aprovechamiento del calcio y podría generar goteros tapados (Santos y Rios, 2016). Esto es tomado en cuenta en el fertirriego del pimiento Piquillo y como precaución se destinan dos días a la semana a la aplicación exclusiva de nitrato de calcio, mientras que en los días restantes se aporta las otras fuentes.

3.3.4. Nutrición convencional del pimiento Piquillo

El plan de fertilización del pimiento Piquillo se basa en el fertirriego convencional. En la tabla 4 se presenta la dosis de fertilización del cultivo por campaña y en la figura 3 se muestra la distribución semanal del aporte de los nutrientes. Este plan de fertilización fue elaborado en base a las experiencias previas en el manejo nutricional del cultivo y a una curva de

extracción realizada en el 2017; sin embargo, este plan se modifica durante su ejecución, ya que la nutrición es manejada y ajustada en base al desarrollo fenológico del cultivo. No se toma en cuenta la composición química del suelo dado que se trata de suelos de textura arenosa, con una baja presencia de elementos en el complejo de cambio.

Tabla 4: Nutrientes totales aportados por campaña para el pimiento Piquillo

Nutriente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
kg ha ⁻¹	235	130	333	68	45

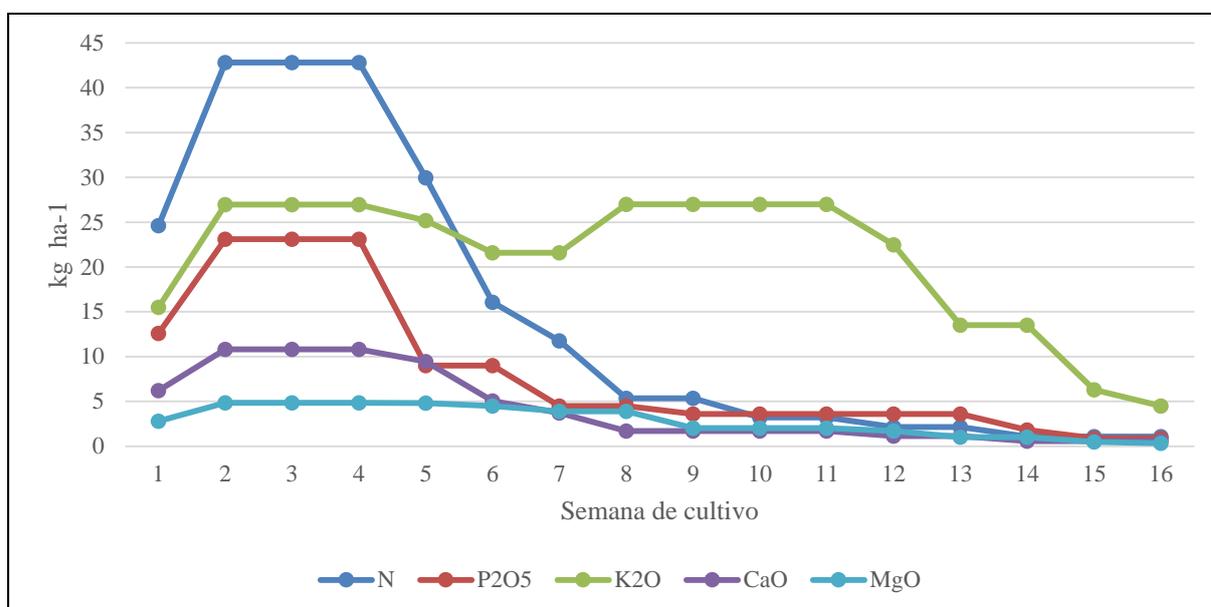


Figura 3: Curva de fertilización del pimiento Piquillo

Los microelementos son aplicados a través del sistema de riego como complemento. La provisión principal es a través de aplicaciones foliares de productos disponibles en el mercado, a las dosis indicadas en sus etiquetas.

3.3.5. Cálculo de la lámina de riego

Para el cálculo de la lámina de riego a aplicar por día se utilizan dos herramientas: el histórico y las evaluaciones de calicatas. Se utiliza el riego ejecutado del mejor campo productivo como patrón y se va ajustando en base a evaluaciones de calicatas.

Las calicatas son generadas en el espacio entre los surcos hasta una profundidad de 60 cm y se subdividen sus caras laterales en tres tercios de 20 cm de espesor, en cada capa se evalúa el grado de humedad formando una esfera con la mano y la respuesta encontrada es cotejada con los parámetros detallados en la tabla 5 para establecer el nivel de humedad de la capa.

Tabla 5: Parámetros del nivel humedad del suelo en base a la respuesta de su evaluación manual

Grado	Respuesta al tacto	Nivel de humedad
0	El suelo se encuentra húmedo y escurre agua al cogerlo con la mano-	Saturación.
1	Se forma una esfera con la mano y esta mantiene su forma.	Capacidad de campo – saturación.
2	Se forma una esfera con la mano, pero luego de unos segundos esta se raja.	Capacidad de campo – Punto de Marchitez.
3	El suelo se percibe húmedo, pero no llega a formar la esfera.	Punto de Marchitez
4	El suelo no se percibe húmedo.	Ausencia de agua aprovechable.

Bajo los criterios descritos anteriormente, el plan de riego del cultivo de pimiento Piquillo para una campaña estaría conformado según la figura 4, con un acumulado de 8500 m³ ha⁻¹.

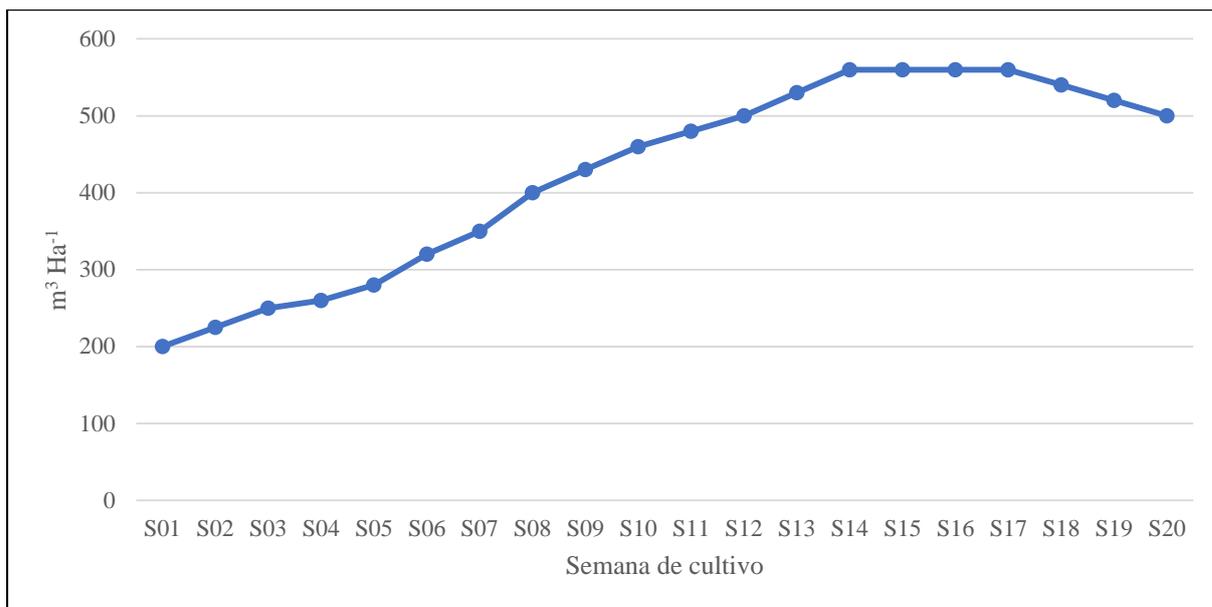


Figura 4: Plan de riego por semana para el cultivo de pimiento Piquillo

3.4. NUEVA PERSPECTIVA EN EL FERTIRRIEGO Y NUTRICIÓN DEL PIMIENTO PIQUILLO

El cultivo de pimiento Piquillo, al igual que los demás cultivos de la zona, se encuentra en constante evolución y mejora, teniendo como premisa producir más al menor costo. Cuando se analiza el manejo convencional del cultivo, se puede observar que las primeras entradas en la cosecha son de alto rendimiento y de mayor número de cosechadores con frutos de calidad, mientras que en las entradas posteriores estos dos factores van disminuyendo (Tabla 3) y con ellos la calidad de la materia prima debido a la mayor exposición de los frutos a la radiación solar, entre otras cosas. Al complementar el comportamiento de la cosecha con un análisis económico de la evolución del costo total de producción a través de las entradas (tabla 6) se obtiene que, en la primera entrada, pese al alto rendimiento de los cosechadores, si se cerrara la cosecha en ese momento, el costo de producción sería US\$ 0.46 por kilo porque los 19000 kg ha⁻¹ cosechados asumen todo el costo de la campaña. En la segunda entrada, los 10000 kg ha⁻¹ cosechados continúan con un alto rendimiento de jornales y el costo de producción al cierre de esa entrada se reduce a US\$ 0.36 por kilo, debido a que se considera los 29000 kg ha⁻¹ como cosecha total. En la tercera entrada, con un rendimiento promedio de 100 kg jor⁻¹ se eleva la producción total a 32500 kg ha⁻¹ y el costo se mantiene en US\$ 0.36 por kilo. Posterior a la tercera entrada, el costo total de producción sufre un

incremento hasta cerrar la campaña con US\$ 0.41 US\$ por kilo y una producción total de 35000 kg ha⁻¹. La cosecha en las entradas finales busca cumplir el objetivo de 35000 kg ha⁻¹ e incrementa el costo de producción porque el rendimiento por jornal es menor aumentando el costo por kg extraído, adicional a ello, se suman los gastos que se generan para que el cultivo siga recibiendo agua, fertilizantes, control fitosanitario, desmalezados, más otros costos propios del mantenimiento y los costos indirectos.

Tabla 6: Evolución del costo de producción a través de las entradas

Entrada para cosecha	1	2	3	4	5	Total
Semana de cultivo	16	17	18	19	20	-
Jornales entrada ⁻¹	40	35	35	20	25	155
kg jornal ⁻¹ entrada ⁻¹	475	286	100	74	40	225
kg ha ⁻¹ entrada ⁻¹	19000	10000	3500	1500	1000	35000
Costo de producción US\$ kg ⁻¹	0.46	0.36	0.36	0.39	0.41	0.41

Ante este análisis, se concluye que el mejor escenario económico sería extraer toda la fruta en una sola entrada; por ello, se inicia la búsqueda de un manejo nutricional del cultivo que enfoque centrar la cosecha para reducir el número de entradas e incrementar la eficiencia de los recursos.

3.4.1. Propuesta de plan de fertilización

Según lo referido por Hernández *et al.* (2009) y Montgomery y Castro (2017), la manipulación de la relación N:K puede estimular en las plantas una orientación hacia el comportamiento vegetativo o generativo. Con esta base teórica y conociendo el comportamiento fenológico del pimiento Piquillo se realizaron diversas pruebas en la búsqueda de obtener una planta vigorosa con un equilibrado comportamiento en la producción constante de brotes, hojas y cuajado de frutos.

La búsqueda de un mayor volumen vegetativo responde a la necesidad de que sea la propia planta la que resguarde a los frutos de la radiación solar y así se puedan dejar los frutos maduros en planta sin que éstos pierdan calidad. De esta manera, se llegará a la cosecha con

un mayor número de frutos maduros y el criterio de ingreso pasará a ser el rendimiento del campo y de los cosechadores y no la pérdida de calidad por deshidratación.

Cuando se revisa el plan convencional, se observa la dominancia del potasio sobre el nitrógeno en la totalidad de la campaña y en la mayoría de semanas de cultivo, excepto en las primeras cinco semanas. Al comparar esta información con la curva de crecimiento, se observa que, en la época de mayor tasa de crecimiento, el K es mayor que el N, tanto unidades por hectárea como en una relación entre sus miliequivalentes (Tabla 7).

Tabla 7: Dosis de fertilización de N y K, valores en miliequivalentes y relación N:K por cada semana de cultivo

Semana de cultivo	N kg ha ⁻¹ sem ⁻¹	K ₂ O kg ha ⁻¹ sem ⁻¹	N mEq	K mEq	N:K
1	24.6	15.5	1.8	0.3	5.3
2	42.8	26.96	3.1	0.6	5.3
3	42.8	26.96	3.1	0.6	5.3
4	42.8	26.96	3.1	0.6	5.3
5	29.96	25.19	2.1	0.5	4.0
6	16.05	21.59	1.1	0.5	2.5
7	11.77	21.59	0.8	0.5	1.8
8	5.35	26.99	0.4	0.6	0.7
9	5.35	26.99	0.4	0.6	0.7
10	3.21	26.99	0.2	0.6	0.4
11	3.21	26.99	0.2	0.6	0.4
12	2.14	22.49	0.2	0.5	0.3
13	2.14	13.5	0.2	0.3	0.5
14	1.07	13.5	0.1	0.3	0.3
15	1.07	6.3	0.1	0.1	0.6
16	1.07	4.5	0.1	0.1	0.8

Otra mejora en el plan convencional fue la distribución del suministro de calcio. Al comparar la formación de flores y cuajos contra la fertilización cálcica presentada en la figura 3, se aprecia que el aporte de Ca es mayor entre las semanas 2 y 5 después del trasplante, cuando el tejido aún está en estado vegetativo. El suministro ideal debe ejecutarse en los picos de floración y cuajado, entre las semanas 7 y 12 de cultivo, para coincidir con el momento de mayor división celular en los tejidos reproductivos y que el calcio pueda llegar en la mayor cantidad posible a los futuros frutos. Antes o después de este periodo, la planta podría tomar el elemento e introducirlo en su organismo, pero este no llegará eficientemente a los frutos por su reducida movilidad dentro de la misma (Favela *et al.*, 2006; Sela, 2019; Vidal, 2019).

Además de considerar el momento de mayor formación de órganos reproductivos como el momento de mayor asimilación de calcio hacia los frutos, también se debe considerar que este pueda ser absorbido. Como se muestra en la figura 5, entre las semanas 7 y 9 del cultivo, se obtiene la mayor tasa de crecimiento y profundidad de raíces, lo cual significa presencia de tejidos nuevos y por tanto una mayor probabilidad de absorción de Ca^{2+} porque ingresa al tejido vegetal de manera pasiva entre las paredes celulares de las células de los ápices de las raíces nuevas, donde aún no se han terminado de formar la Banda de Caspary (Favela *et al.*, 2006; Sela, 2019; Vidal, 2019).

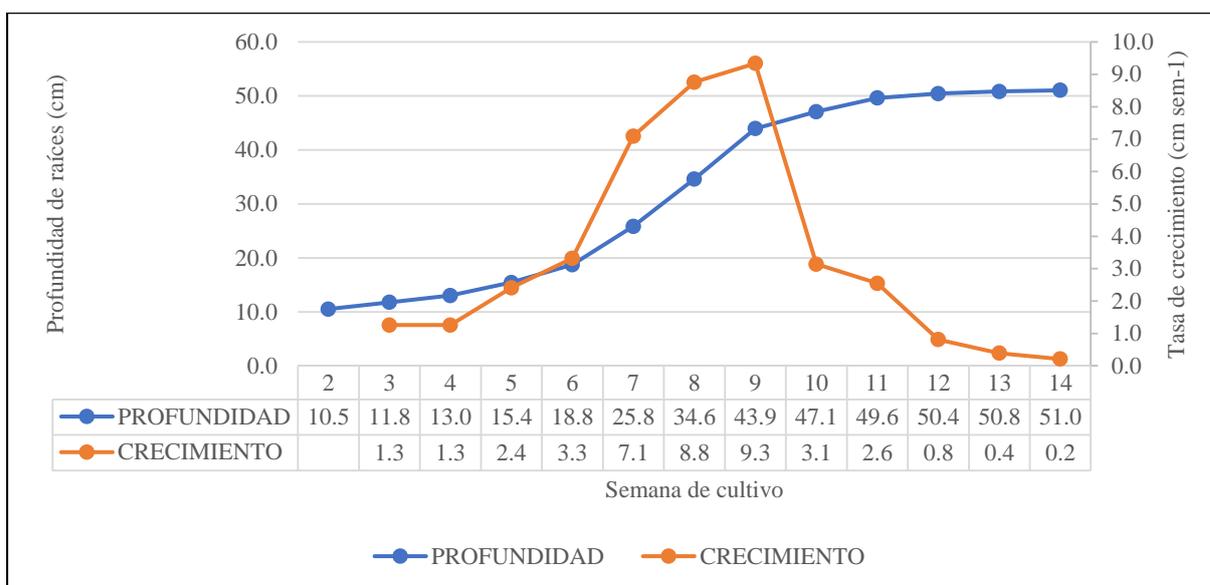


Figura 5: Crecimiento de raíces en el Pimiento Piquillo.

Un análisis similar se puede hacer para el fósforo. Este elemento en el plan convencional es provisto mayoritariamente durante las primeras cinco semanas de cultivo y después se aplica en cantidades menores; sin embargo, el fósforo es un elemento esencial para la división celular y producción de órganos nuevos, por lo que su deficiencia durante las semanas de mayor crecimiento y producción de órganos limitará el potencial productivo del cultivo (Favela *et al.*, 2006; Sela, 2019; Vidal, 2019).

En el caso del magnesio, su distribución convencional también se encuentra concentrada en las primeras semanas. El Mg es importante en la síntesis de clorofila y su aporte es vital durante todo el ciclo productivo, más aún en la época de mayor actividad del cultivo (Favela *et al.*, 2006; Montgomery y Castro, 2017; Sela, 2019). Para todos los elementos, aplicar cantidades altas desde las primeras semanas es una técnica a mejorar porque durante estas semanas la planta aún no ha emitido las raíces suficientes para poder tomar todos los nutrientes suministrados, por lo que la fertilización se hace ineficiente.

En base al análisis de la fertilización convencional, los fundamentos teóricos de la nutrición de plantas y las mejores experiencias obtenidas en campo, se propone el plan presentado en la tabla 8 y la figura 6. Adicionalmente, en la tabla 9 se detalla la relación N:K determinada considerando los miliequivalentes de N y K provistos por los fertilizantes, en la cual se observa valores altos de N:K en la época de mayor tasa de crecimiento y su disminución hacia la etapa de cosecha.

Tabla 8: Propuesta de dosis de fertilización para pimiento Piquillo

Nutriente	N	P₂O₅	K₂O	CaO	MgO
kg ha ⁻¹	436	125	353	93	47

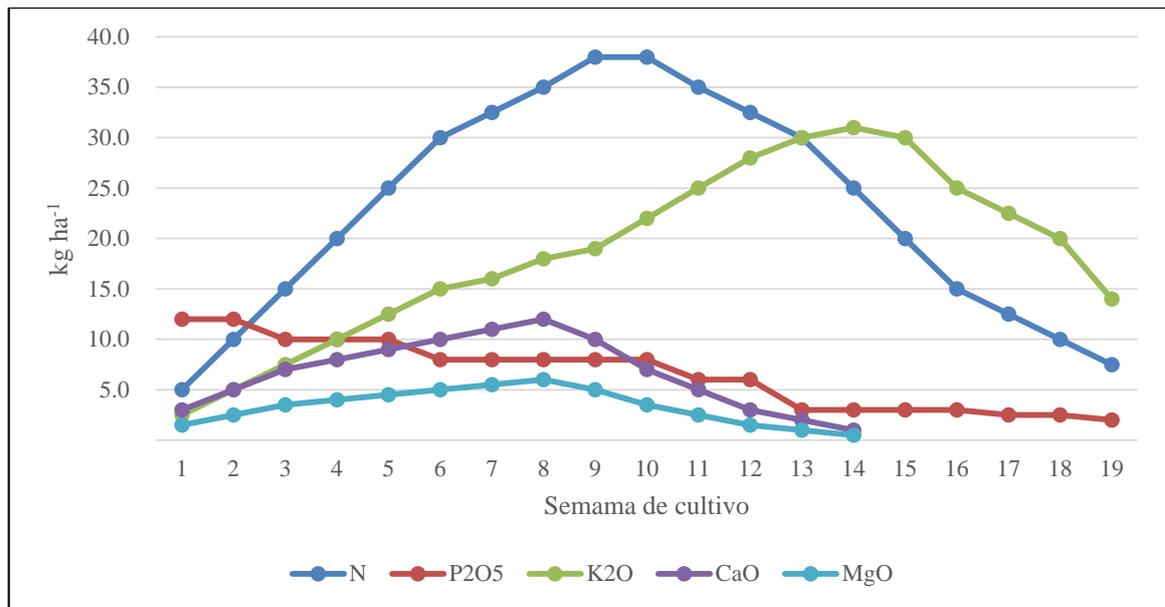


Figura 6: Nueva propuesta de curva de fertilización para el pimiento Piquillo

Tabla 9: Propuesta de dosis de fertilización de N y K, valores en miliequivalentes y relación N:K por cada semana de cultivo

Semana de cultivo	N kg ha ⁻¹ sem ⁻¹	K ₂ O kg ha ⁻¹ sem ⁻¹	N mEq	K mEq	N:K
1	5.0	2.5	0.4	0.1	6.7
2	10.0	5.0	0.7	0.1	6.7
3	15.0	7.5	1.1	0.2	6.7
4	20.0	10.0	1.4	0.2	6.7
5	25.0	12.5	1.8	0.3	6.7
6	30.0	15.0	2.1	0.3	6.7
7	32.5	16.0	2.3	0.3	6.8
8	35.0	18.0	2.5	0.4	6.5
9	38.0	19.0	2.7	0.4	6.7
10	38.0	22.0	2.7	0.5	5.8
11	35.0	25.0	2.5	0.5	4.7
12	32.5	28.0	2.3	0.6	3.9
13	30.0	30.0	2.1	0.6	3.4
14	25.0	31.0	1.8	0.7	2.7
15	20.0	30.0	1.4	0.6	2.2
16	15.0	25.0	1.1	0.5	2.0
17	12.5	22.5	0.9	0.5	1.9
18	10.0	20.0	0.7	0.4	1.7
19	7.5	14.0	0.5	0.3	1.8

Con la aplicación de este plan se logró incrementar la cantidad de frutos formados por planta con peso promedio de fruto de 32 g, pero pese a esta disminución en peso, el rendimiento del campo incrementó a 38000 kg ha⁻¹. Así mismo, no sólo se logró incrementar el número de órganos, sino también la altura de planta y se observó una mayor cobertura foliar. El campo manejado bajo este plan presentó la formación de órganos y crecimiento de planta registrados en las figuras 7 y 8, respectivamente.

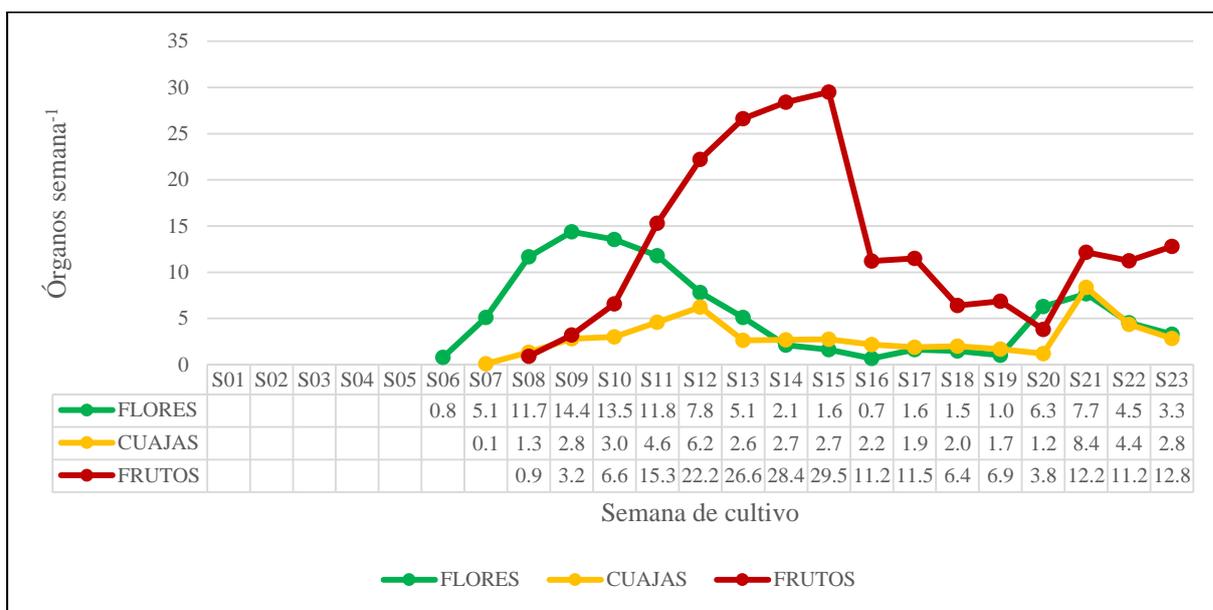


Figura 7: Formación de flores, cuajas y frutos del pimiento Piquillo por semana de cultivo con el nuevo plan de nutrición

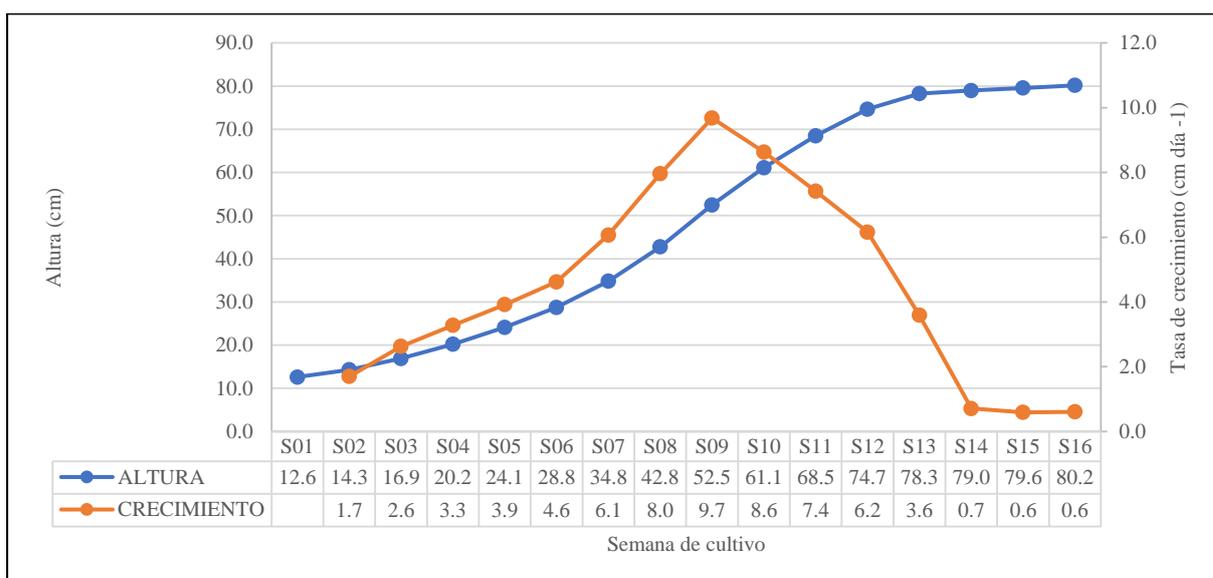


Figura 8: Crecimiento del cultivo de pimiento Piquillo por semana de cultivo con el nuevo plan de nutrición

Paralelamente al incremento del rendimiento del campo, se logró disminuir el costo de producción pese al incremento del costo del plan de fertilización. Esto fue posible porque el costo de mano de obra en cosecha disminuyó notablemente, como se aprecia en la tabla 10.

Tabla 10: Evolución del costo de producción a través de las entradas en el nuevo manejo de la nutrición

Entrada para cosecha	1	2	3	Total
Semana de cultivo	16	18	20	20
Jornales entrada ⁻¹	40	35	35	110
kg jornal ⁻¹ entrada ⁻¹	663	214	114	345
kg ha ⁻¹ entrada ⁻¹	26500	7500	4000	38000
Costo de producción US\$ kg ⁻¹	0.33	0.32	0.35	0.35

3.4.2. Mejoras en el fertirriego

Durante el tiempo de trabajo en el pimiento Piquillo también se llegaron a implementar mejoras en el fertirriego del cultivo. Como es referido por Sela, (2019), cada elemento posee una movilidad diferente en el suelo, debiendo esto tomarse como referencia para la aplicación de los fertilizantes. Adicionalmente, Santos y Rios (2016) mencionan la posibilidad de la mezcla de los fertilizantes en dos grandes mezclas: una a base de fuentes cálcicas y otra con los demás elementos en base a la compatibilidad de las fuentes, siendo que ambas soluciones pueden inyectarse en simultáneo debido a que las incompatibilidades son vistas en altas concentraciones.

En el pimiento Piquillo, pese a que cada tanque tiene bomba y línea de inyección independiente para cada fuente, se procedía a inyectar una a una por evitar el riesgo de mezclas incompatibles en la matriz de riego; sin embargo, siguiendo lo referido por Santos y Rios (2016), es posible inyectar todas las fuentes a la misma vez, incluyendo las fuentes de calcio. Respecto a esto se hicieron pruebas y se halló que inyectando todos los elementos a la matriz al mismo tiempo no hubo problemas de precipitaciones ni obturaciones de goteros. No obstante, por precaución se decidió inyectar primero todas las fuentes

compatibles juntas y en segundo lugar al calcio. Esta decisión también estuvo sustentada por la movilidad del Ca^{2+} en un suelo bien regado. Finalmente, el cambio redujo notablemente el tiempo del pulso de riego que incluye al fertirriego y mejoró la distribución de los ciclos de riego en el día.

IV. CONCLUSIONES

El pimiento Piquillo es un cultivo importante en el país desde hace varios años. Pese a ello, y como en la mayoría de los cultivos, siempre habrá oportunidades de mejora que hagan que se incremente la producción y rentabilidad. En este trabajo se analizaron y describieron las mejoras realizadas en la nutrición y fertirriego del cultivo; sin embargo, hay muchas otras aristas que merecen ser revisadas como las labores culturales, el manejo de la sanidad, la genética, entre otros.

El manejo de los campos de pimiento Piquillo debería estar orientado al crecimiento equilibrado de las plantas que permita llegar a la cosecha con un tamaño de planta, cobertura foliar y número de frutos que proporcionen condiciones para realizar la cosecha en el menor número de entradas. En esta experiencia se lograron reducir las entradas a tres; sin embargo, hay referencias más actuales de campos que han logrado igualar este mismo rendimiento en una sola entrada.

V. RECOMENDACIONES

Pese a la obtención de resultados favorables y el sustento teórico aplicado en las mejoras hechas en la nutrición y fertirriego, estos deben ser validados con más herramientas. Se recomienda realizar una curva de extracción de nutrientes detallada que permita conocer la extracción de cada elemento por parte del pimiento Piquillo, y en base a ello determinar el aporte nutritivo.

No existen referencias bibliográficas acerca del manejo de la relación N:K en el cultivo de pimiento Piquillo. En esta experiencia se asumieron algunos valores para los ensayos y se lograron resultados favorables para los intereses de la empresa; sin embargo, lo adecuado sería realizar una investigación que determine los valores exactos con los cuales se llegue a los mejores escenarios.

Si bien se hicieron cambios en las dosis totales y por semana de cada elemento, en base a un análisis de las funciones de cada elemento y cómo su aplicación o ausencia podrían impactar en la fenología, no se llegó a determinar si las cantidades aplicadas son eficientes o si existen pérdidas de algunos elementos por lixiviación. Esto podría ser determinado con el uso de lisímetros de succión de solución de suelo y ionómetros manuales. De esta manera, se podría evaluar cómo se están distribuyendo los elementos en el suelo y si estos están siendo asimilados. Adicionalmente, el monitoreo y análisis podría ser complementado con lisímetros gravimétricos. Estos equipos son cajas herméticas e impermeables que se colocan en el suelo y que contienen a unas plantas en un área determinada, a modo de macetas enterradas. Estas restringen el espacio para la lixiviación y emiten a través de un tubo toda el agua que escapa a la zona de exploración de raíces del cultivo. El agua de drenaje es medida y se calcula en base a la lámina de riego y el porcentaje de drenaje. En estos lixiviados se podría medir las concentraciones de iones y ver el porcentaje de los nutrientes aplicados que es perdido por lixiviación.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Allende, H. (2014). *Estrategia de fertirriego para hortalizas de hoja en invernadero en la zona de Coyhaique*. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/8681>
- Alva, A. (2015). *Manejo integrado de lepidópteros en el cultivo de Pimiento (Capsicum annuum) tipo Piquillo en Chavimochic*.
- CEDEPAS. (2022). *Cultivo de Pimientos y Ajés*. <https://www.cedepas.org.pe/publicaciones/cultivo-de-pimientos-y-aj%C3%ADes>
- CIEN-ADEX. (2021). *Pimiento piquillo: Evaluación del panorama nacional e internacional*. NOTA DE INTELIGENCIA COMERCIAL. https://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2021/12/CIEN_NSIM1_Noviembre_2021PimientoPiquillo-1.pdf
- Delgado, M. y Cedano, C. (2010). *Problemática de virosis en especies de Capsicum en el norte del Perú* (L. Valencia, Ed.; 1st ed.).
- Egusquiza, M. (2017). *Exportación de Pimiento Piquillo en conserva al mercado de Estados Unidos*.
- Favela, E., Preciado, P. y Benavides, A. (2006). *Manual para la preparación de soluciones nutritivas*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Fornaris, G. (2005, June). *Características de la planta*. Conjunto Tecnológico Para La Producción de Pimiento.
- Gutierrez, C. (2019). *Efecto de dos densidades de trasplante mecanizado en el rendimiento de Pimiento Piquillo (Capsicum annuum L.) en Virú, La Libertad*.
- Hernández, M., Chailloux, M., Moreno, V., Ojeda, A., Salgado, J. y Bruzón, O. (2009). *Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate en suelo Ferralítico Rojo*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(5), 429–436.
- Kafkafi, U. y Tarchitzky, J. (2012). *Fertirrigación. Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo de agua* (1st ed.). Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes.

- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). (2022). *D.O.P. Pimiento del Piquillo de Lodosa*. https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/calidad-diferenciada/dop-igp/hortalizas/DOP_pimientopiquillo.aspx#:~:text=El%20pimiento%20de%20la%20variedad,fin%20y%20de%20sabor%20dulce.
- Maroto, J. (2002). *Horticultura herbácea especial* (Ediciones Mundi - Prensa, Ed.; 5th ed.).
- Montgomery, L., y Castro, S. (2017, September). *Preparación de soluciones nutritivas para fertirriego en aguacate*. Memorias Del IV Congreso Latinoamericano Del Aguacate. http://www.avocadosource.com/Journals/Memorias_VCLA/2017/Memorias_VCLA_2017_PG_243.pdf
- Ocupa, M. (2019). *Efecto de dos dosis de biofertilizante de preparación artesanal en el rendimiento de Ají Paprika Morrón (Capsicum annum L.) en la localidad de Marcavelica Sullana Piura*.
- Ortiz, M. (2020, September 29). *MIP una estrategia dinámica para el control de plagas en capsicum*. Redagícola. <https://www.redagricola.com/pe/mip-una-estrategia-dinamica-para-el-control-de-plagas-en-capsicum/>
- Pinna, J. (2017). *Curso de riego tecnificado* (Universidad Privada Antenor Orrego, Ed.; 1st ed.).
- Proain Tecnología Agrícola. (2020, October 13). *Cómo mezclar los fertilizantes para fertirrigación*. <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/como-mezclar-los-fertilizantes-para-fertirrigacion>
- Rolleri, J. (2006). Oidio del Pimiento. *Boletín Hortícola*, 11(33), 33–34. <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/mod/resource/view.php?id=8286>
- Santos, B., y Rios, D. (2016). *Cálculo de soluciones nutritivas* (Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ed.; 1st ed.). Cabildo Insular de Tenerife.
- Sela, G. (2019). *Fertilización y riego: Teoría y mejores prácticas*.
- SINAVIMO. (2022). *Leveillula taurica*. <https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/leveillula-taurica>
- SIEA (Sistema Integrado de Estadística Agraria). (2022). *Avance de campaña agrícola 2021-2022*. <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMWZmNDY2NTEtODg4NC00ZmQxLk1NjIt>

NWRiYmE4OGY2MDA4IiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Y
jg2ZmQzNWYzZiJ9

Vidal, I. (2019). *Fertirrigación: Desde la teoría a la práctica* (1st ed.). Universidad de Concepción.

ANEXOS

Anexo 1: Fuentes de nutrientes utilizadas en la fertilización del pimiento Piquillo y sus leyes

Elementos	ACIDO FOSFÓRICO 85%	CLORURO DE POTASIO	FOSFATO MONO AMÓNICO	NITRATO DE AMONIO	NITRATO DE CALCIO	SULFATO DE MAGNESIO	ÁCIDO BÓRICO	SULFATO DE MANGANESO	MOLIBDATO DE AMONIO	NITRATO DE POTASIO	SULFATO DE ZINC	SULFATO DE POTASIO	SULFATO FERROSO HEPTA HIDRATADO	SULFATO DE COBRE	NITRATO DE MAGNESIO	SULFATO DE AMONIO
N	0.0%	0.0%	12.0%	33.0%	15.3%	0.0%	0.0%	0.0%	7.0%	13.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.0%	21.0%
P ₂ O ₅	62.2%	0.0%	52.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
K ₂ O	0.0%	60.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	45.0%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
CaO	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
MgO	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	16.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	15.0%	0.0%
B	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	17.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
S	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12.0%	0.0%	18.0%	0.0%	0.0%	10.5%	18.0%	17.0%	13.0%	0.0%	24.0%
Zn	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	22.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Fe	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	30.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mn	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	32.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	54.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Cu	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.0%	0.0%	0.0%

Anexo 2: Compatibilidad de los principales fertilizantes

Fertilizante	Urea	Nitrato de amonio	Sulfato de Amonio	Nitrato de Calcio	Nitrato de Potasio	Cloruro de Potasio	Sulfato de Potasio	Fosfato de Amonio	Sulfatos de Fe, Zn, Cu, Mn	Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn	Sulfato de Magnesio	Acido Fosforico	Acido Sulfurico	Acido nitrico
Urea	C													
Nitrato de amonio	C	C												
Sulfato de Amonio	C	C	C											
Nitrato de Calcio	C	C	I	C										
Nitrato de Potasio	C	C	C	C	C									
Cloruro de Potasio	C	C	C	C	C	C								
Sulfato de Potasio	C	C	CR	I	C	CR	C							
Fosfato de Amonio	C	C	C	I	C	C	C	C						
Sulfatos de Fe, Zn, Cu, Mn	C	C	C	I	C	C	CR	I	C					
Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn	C	C	C	CR	C	C	C	CR	C	C				
Sulfato de Magnesio	C	C	C	I	C	C	CR	I	C	C	C			
Acido Fosforico	C	C	C	I	C	C	C	C	C	CR	C	C		
Acido Sulfurico	C	C	C	I	C	C	CR	C	C	C	C	C	C	
Acido nitrico	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	C	C	C	C



C	Compatibles
CR	No se deben mezclar en altas concentraciones
I	Incompatibles

Fuente: Proain Tecnología Agrícola (2020)