

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“AGRICULTURA PROTEGIDA EN EL NORTE DEL PERÚ:
PRODUCCIÓN DE PIMIENTOS FRESCOS (*Capsicum annuum*)
EN CASA MALLA”**

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

JOSÉ MIGUEL GARCÍA TORRES

LIMA – PERÚ

2024

JOSE_MIGUEL_GARCIA_TORRES.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

docplayer.es

Fuente de Internet

3%

2

www.horticom.com

Fuente de Internet

2%

3

www.scribd.com

Fuente de Internet

1%

4

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

5

www.inverelpilar.com

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

intagri.com

Fuente de Internet

1%

8

qampo.es

Fuente de Internet

1%

9

smeapmexico.org

Fuente de Internet

<1%

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“AGRICULTURA PROTEGIDA EN EL NORTE DEL PERÚ:
PRODUCCIÓN DE PIMIENTOS FRESCOS (*Capsicum annuum*)
EN CASA MALLA”**

José Miguel García Torres

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

.....
Ing. Mg. William Alberto Arteaga Donayre
PRESIDENTE

.....
Dr. Juan Waldir Mendoza Cortez
ASESOR

.....
Ing. Saray Siura Céspedes
MIEMBRO

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

LIMA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

A mi familia, por estar siempre juntos.

AGRADECIMIENTOS

A mi esposa e hijos; a mis padres y hermanos por su invaluable apoyo.

A mis profesores.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problemática	1
1.2 Objetivos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Concepto de agricultura protegida.....	3
2.2 La agricultura protegida como fuente sostenible de alimentos	4
2.2.1 Antecedentes.....	4
2.2.2. En el Perú y en el mundo.....	4
2.3. La casa malla como alternativa para producción de hortalizas frescas	7
2.3.1. Estructura y sistema de conducción.....	9
2.3.2 Equipos y accesorios	18
2.4. Los pimientos frescos y otras hortalizas producidas bajo casa malla.....	19
2.4.1. Cultivares y genética disponible.....	21
2.4.2 Campo abierto versus casa malla	22
2.4.3 Hidroponía y agricultura de precisión en casa malla	23
2.5 Clima, fisiología, riego y nutrición de los pimientos bajo casa malla	25
2.6 Sanidad: Principales plagas y enfermedades. Control integrado	29
2.7 Cosecha y postcosecha.....	32
2.8 Costos y análisis económico	35
III. DESARROLLO DEL TRABAJO	37
3.1 Ubicación y análisis del entorno agroclimático de Motupe.....	37
3.1.1 Variables meteorológicas y su efecto sobre los pimientos en casa malla	38
3.2 Diseño y planificación	39
3.2.1 Estructura y tipo de conducción	39
3.2.2 Producción en suelo y/o sustrato	41
3.2.3 Calendario de siembra, labores y cosecha.....	44

3.3	Instalación y manejo agronómico	44
3.3.1	Preparación e inicio de plantación	45
3.3.2	Variedades y genética desarrollada	46
3.3.3	Manejo de luminosidad y radiación	47
3.3.4	Fisiología, riego y nutrición	47
3.3.5	Manejo integrado de plagas y enfermedades	52
3.3.6	Labores culturales.	56
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	66
V.	CONCLUSIONES.....	68
VI.	RECOMENDACIONES.....	70
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
	ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidades diarias de agua en l/m.....	25
Tabla 2. Solución nutritiva para el cultivo hidropónico de Pimiento Dulce	25
Tabla 3. Equivalencias entre la cantidad de fertilizantes	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Invernadero para producción de plantines.....	5
Figura 2. Agricultura protegida para hortalizas frescas.	6
Figura 3. Unidad de producción de casa malla en Murcia España.....	8
Figura 4. Interior de nave de casa malla	9
Figura 5. Estructura de casa malla o casa sombra con pimientos.	9
Figura 6. Parral multicapilla.....	10
Figura 7. Parral asimétrico	11
Figura 8. Invernadero multitunel.....	11
Figura 9. Casa malla o casa sombra.	12
Figura 10. Postes perimetrales y centrales.....	13
Figura 11. Cerramientos con malla 20x10.....	13
Figura 12. Malla de sombreo.....	14
Figura 13. Malla sombra sin sistema para tutorado.	15
Figura 14. Malla sombra sin sistema de tutorado.	15
Figura 15. Procedimiento para guiar y tutorar.....	16
Figura 16. Tutorar pimientos en casa malla.....	16
Figura 17. Sistema de tutorado holandés.....	17
Figura 18. Utilizado en cultivos de pimiento bajo invernadero o casa sombra.....	17
Figura 19. Sistemas de humidificación o nebulización.....	19
Figura 20. Extractores-ventiladores en invernadero.	19
Figura 21. Pimiento en casa malla.....	20
Figura 22. Tomates en casa malla y tutorado	21
Figura 23. Mesa de fertilización.....	24
Figura 24. Equipo de desinfección UV.....	24
Figura 25. Fruto deshidratado	27
Figura 26. Pitting en fruta.....	28
Figura 27. Adulto de <i>Prodiplosis logifila</i>	31
Figura 28. Larvas de <i>Prodiplosis</i> en brotes.....	31
Figura 29. Polinización en pimiento.....	34
Figura 30. Fruto maduro y deshidratado.....	34
Figura 31. Fruto con pedúnculo afectado	35
Figura 32. Ubicación de la zona de producción.....	37
Figura 33. Sistema de conducción español.....	40
Figura 34. Sistema de conducción holandés.....	40

Figura 35. Casa malla ligera	41
Figura 36. Antesala de casa malla.	41
Figura 37. Pimiento en suelo.	43
Figura 38. Pimiento en fibra de coco en bolsa.....	44
Figura 39. Plantín próximo a trasplante.....	45
Figura 40. Fisiopatía blossom	49
Figura 41. Cracking en fruta madura.....	49
Figura 42. Black spot o stip. Fuente SQM.....	50
Figura 43. Fruto deforme polinización.	50
Figura 44. Análisis de agua de pozo subterráneo. Fuente ASISAC.....	51
Figura 45. Plantas con síntomas de nematodos.	52
Figura 46. Secuela daño prodiplosis.....	53
Figura 47. Daño de prodiplosis en fruto de pimiento	53
Figura 48. Corredor biológico.	54
Figura 49. Daños roedores.....	55
Figura 50. Fruta afectada por trips.....	55
Figura 51. Labores culturales. Guiado.....	57
Figura 52. Sistema hidropónico.....	60
Figura 53. Pimientos con calidad óptima	61
Figura 54. Pimiento deshidratado.....	61
Figura 55. Proceso de selección	61
Figura 56. Pimientos frescos empacados.....	62
Figura 57. Pimientos frescos de casa malla en anaquel	63
Figura 58. Pimiento fresco verde en anaquel.....	63
Figura 59. Pimiento rojo fresco en anaquel	63

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Costos de pimiento fresco en casa malla.....	73
---	----

RESUMEN

La aparición de nuevos cultivos y formas de producirlos; especialmente aquellos que requieran regulación sanitaria o se busque maximizar rendimientos y calidad bajo condiciones controladas; obliga a productores y técnicos ampliar nuestros conocimientos y experiencias en tipos de agricultura como la desarrollada en casa malla y sustratos como la fibra de coco. La horticultura en el Perú, con fines de producir alimentos frescos, está desarrollada principalmente en campo abierto, para el consumo interno. Se ha cultivado muy poco en casa malla para consumo local o para exportación. Ante la apertura del mercado americano para los capsicums frescos, dentro de ellos el pimiento, surgió la alternativa de un nuevo producto agroexportable. En este trabajo, se describirá como puede ser viable la producción de pimientos frescos dentro de una casa malla, bajo las condiciones agroecológicas de la zona norte del país, detallando las etapas de instalación, desarrollo y manejo agronómico, de acuerdo con la experiencia profesional desarrollada en los últimos años. Además, se propondrán soluciones a cada una de las actividades comunes en la agricultura, como el riego, la nutrición, sanidad, labores culturales y cosecha. Como punto importante en el manejo de pimientos en casa malla, se analizará y describirá el impacto de las variables meteorológicas a lo largo del cultivo. También se mostrará, cómo llegar a producir pimientos frescos dentro de casa malla, utilizando distintas técnicas de cultivo y herramientas tecnológicas en la zona de Motupe-Lambayeque, con buenos resultados para crear una oferta local importante, así como competir en los mercados externos más exigentes de hortalizas frescas. Finalmente, se detallarán las conclusiones con sus respectivas recomendaciones, que llevan a validar la viabilidad técnica y proyectar resultados óptimos del manejo agronómico del pimiento fresco en casa malla de forma convencional o hidropónico.

Palabras clave: casa malla, pimiento fresco, sustrato, fibra de coco, hidroponía.

ABSTRACT

The appearance of new crops and the ways of producing them; especially those that require sanitary regulation or to maximize yields and quality under controlled conditions; It forces producers and technicians to expand our knowledge and experiences in types of agriculture such as mesh houses and substrates like coconut fiber. Horticulture in Peru, with the purpose of producing fresh food, is developed mainly in the open field, with the objective of internal consumption. Few vegetables have been grown in greenhouses for local consumption or for export. Given the opening of the American market for fresh capsicums, including peppers, the alternative of a new agro-exportable product arose. This work, will described how the production of fresh peppers can be viable inside a greenhouse, detailing the stages of installation, development, and agronomic management, according to the professional experience developed in recent years, under the agroecological conditions of the north of Peru. In addition, solutions will be proposed for each of the common activities in agriculture, such as irrigation, nutrition, health, cultural work, and harvest. As an important point in the management of peppers in the mesh house, the impact of meteorological variables throughout the crop will be analyzed and described. This investigation will describe how it is possible to produce fresh peppers inside the mesh house, using different cultivation techniques and technological tools in the Motupe-Lambayeque area, with very good results, to create an important local offer, as well how to compete in the most demanding foreign markets for fresh vegetables. Finally, the conclusions will be detailed with their respective recommendations, which lead to validating the technical feasibility and projecting optimal results of the agronomic management of fresh pepper in a conventional or hydroponic mesh house.

Keywords: mesh house, fresh pepper, substrate, coconut fiber, hidroponics.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Problemática

La agricultura protegida crea condiciones especiales para el desarrollo óptimo de las plantas y mejora en las cosechas, utilizando eficientemente los recursos suelo y agua. Además, evita el efecto negativo de climas adversos, plagas y enfermedades y otros factores que pudieran afectar a los cultivos.

En el mundo, existen muchos países que han impulsado esta forma de producción de alimentos, buscando maximizar el uso de los recursos limitados y superar problemas sanitarios que pudieran impactar en el rendimiento y calidad de las cosechas, además de limitar su comercialización por restricciones gubernamentales en los países de destino. También, la evolución de este tipo de agricultura ha obedecido a la alternativa de obtener y ofrecer al mercado productos más sanos, con una calidad comercial diferenciada.

La producción de hortalizas en casa malla como los tomates, pimientos, melones, entre otros, tiene su justificación y utilidad, a través de distintos componentes como el agronómico, medioambiental, legal, comercial, etc. En el caso específico de la producción de pimientos frescos para mercados competitivos como el de Estados Unidos, las autoridades sanitarias americana y peruana, obligan a producir estos cultivos bajo condiciones estrictas de aislamiento, siendo la casa malla una de las estructuras apropiadas para este fin.

Las condiciones meteorológicas de la costa norte del Perú se presentan como ideales en la producción de hortalizas frescas para mercado externo e interno. La ausencia de lluvias intensas, buena luminosidad, temperaturas medias, etc., permiten proyectar muy buenas cosechas, tanto en rendimiento como en calidad. Por otro lado, el control de plagas importantes que pudieran afectar el normal desarrollo de las plantas requiere de una estrategia de planificación, diseño y prevención para mantener limpio el ambiente interno y externo.

En este documento se presentará el diagnóstico de una actividad agrícola intensiva relativamente nueva o poco difundida en el Perú, que exige del agrónomo la actualización de sus conocimientos y capitalizar las experiencias.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General:

Describir el proceso y la viabilidad técnica de la producción de hortalizas frescas bajo condiciones de casa malla.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Describir el efecto de las condiciones agroecológicas y su impacto en la producción de hortalizas frescas bajo casa malla, con énfasis en pimientos frescos.
- Mostrar un manejo agronómico para la producción de hortalizas frescas en casa malla, con énfasis en pimientos frescos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Concepto de agricultura protegida

La evolución de las técnicas de cultivo y el mejoramiento genético, han contribuido al acelerado y sostenido desarrollo de la agricultura en el mundo, actividad que ha buscado dentro de las potencialidades y limitaciones de cada zona, maximizar el uso de recursos y mejorar cada vez más sus resultados.

En un sentido amplio y moderno, la agricultura protegida está integrada por todos los sistemas de producción que utilizan estructuras y técnicas para abrigar plantas y animales, con la finalidad de protegerlos de los fenómenos ambientales adversos a su desarrollo, recreando las condiciones idóneas para un mejor desarrollo y producción de cultivos y especies animales, mediante técnicas que van desde el uso de bolsas para proteger racimos de plátanos hasta grandes estructuras, de invernaderos y granjas pecuarias, altamente tecnificadas, donde se implementa un control automatizado y completo de todos los factores ambientales. (Bastida, 2018, p. 281).

La agricultura protegida, además de mejores cosechas en rendimientos y calidad, mayor control de la fitosanidad, prescindir del suelo y sus problemas en algunas ocasiones, control del clima, etc.; ha permitido que, en las últimas décadas se convierta en una alternativa de muchos agricultores y empresas para producción de mercado interno y externo. Si bien el acceso a la instalación y mantenimiento significa una mayor inversión comparado con la agricultura convencional, los resultados suelen ser mejores y mejor retribuidos. La posibilidad de lograr cosechas orgánicas no es tan lejana y el valor agregado mayor.

Según Qampo (2017), un cultivo protegido es aquel que pasa parte o todo su ciclo de producción en un ambiente donde se ha modificado el microclima que rodea a la planta. Esta superficie incluye estructuras de protección permanentes (invernaderos y macro túneles) y no permanentes (acolchados y pequeños túneles).

2.2 La agricultura protegida como fuente sostenible de alimentos

2.2.1 Antecedentes

Las últimas décadas del siglo pasado e inicios del presente, la agricultura mundial atraviesa por una serie de problemas y limitaciones que lleva al productor a ser cada vez más eficiente y utilizar los recursos con mayor racionalidad. Además, la necesidad del consumidor en una dieta más saludable y sana propicia la aparición y fortalecimiento de tipos de explotación agrícola bajo condiciones controladas.

Según Bastida (2018), la agricultura protegida en México se ha visto impulsada mayormente por la exportación de hortalizas, frutillas y flores de corte hacia los Estados Unidos y Canadá. Apoyada por los tratados comerciales y la cercanía con estos grandes mercados; la oferta se fortalece y hace sostenible cuando ocurre la combinación de agricultura orgánica con la agricultura protegida, teniendo en cuenta factores coyunturales como el cambio climático que hace que incremente la superficie de estructuras de protección de cultivos. (p. 292).

La agricultura protegida ofrece beneficios, tales como altos rendimientos y calidad, mayor manejo de sanidad e inocuidad en los productos obtenidos, por ende, mayor seguridad de la producción; cultivo sin suelo, control relativo del clima, acceso a mejores y más competitivos mercados.

Según Qampo (2017), un invernadero es un recinto en el que se mantienen condiciones ambientales adecuadas para favorecer el cultivo de plantas, suele ser una construcción de plástico o vidrio en la que se cultivan plantas, a mayor temperatura que en el exterior. También tenemos invernaderos tipo casa malla, donde si bien el objetivo principal, no es el control del clima, este ambiente ofrece condiciones excepcionales respecto a los cultivos al aire libre. Se logra producir en épocas del año que antes no era posible, incrementar la producción, mejorar la calidad, así como disminuir los riesgos climáticos, de plagas y otros.

2.2.2. En el Perú y en el mundo

Según Baille y González-Rea (2013), en el mundo los invernaderos se clasifican en aquellos de pared rígida (vidrio, plástico rígido), asociados a equipos donde se controla de manera precisa los parámetros del clima y los invernaderos con paredes de plástico, generalmente asociados a una estructura ligera y usan equipos más simples en climatización. Las ventajas de los primeros,

radica en que permite mayor paso de radiación, mayor volumen de aire y regula cambios bruscos de temperatura, humedad relativa y concentración de CO₂. Dirigido principalmente para ornamentales y flores. Por otro lado, los invernaderos con pared de plástico, que tienen sus inicios en túneles simples a multitúnel, con diferencias marcadas frente a los anteriores en el control climático. En este formato, los túneles de forma gótica ofrecen ciertas ventajas sobre los de forma elíptica, respecto al flujo de agua condensada y transmisión de radiación. Finalmente, estos invernaderos evolucionan a los túneles multicapilla, con modelos de construcción que permite una mayor aireación y apertura en la cumbre por presencia de ventanas cenitales o techo descapotable. p (6-8-18-21-27).

En el Perú, los invernaderos se remontan a las instalaciones utilizadas en las estaciones experimentales estatales y privadas antes y después de la reforma agraria, con fines de investigación; además de los viveros de plantines o plantones que cada vez fueron aumentando en número, principalmente en la costa del Perú (Figura 1). La producción de semillas de hortalizas constituye una actividad importante en el país que utiliza este tipo de estructuras, con resultados alentadores en calidad y pureza genética para el mundo.

Algunos proyectos de agricultura familiar en la sierra del Perú, utilizando estructuras tipo invernadero de plástico, han permitido introducir cultivos como la fresa, arándanos, flores, etc., mejorando rendimientos y calidad. En una publicación, Agronegocios Perú (2021), comenta de la instalación de este modelo de agricultura protegida hasta los 4,000 msnm, en el que sobresale la fresa, alcanzando cinco veces más su rendimiento que en campo abierto. Esta actividad puede ser una alternativa viable para auto sostenimiento de pobladores altoandinos en época de heladas.



Figura 1. Invernadero para producción de plantines.

Las primeras instalaciones dirigidas a desarrollar agricultura protegida en el país con fines comerciales y de agroexportación (Figura 2), son reconocidas a partir de la apertura de los mercados para hortalizas frescas principalmente. En el caso de los pimientos frescos, de las cuatro especies conocidas en el país, la normativa para su ingreso al mercado de los Estados Unidos de Norteamérica emitida en el año 2016, a través del Plan de Trabajo Operacional: Enfoque de Sistemas para la Importación de Pimientos Frescos desde Perú a Estados Unidos Continental y los Territorios, permitió que algunas empresas del rubro iniciaran el cultivo de esta hortaliza, con resultados satisfactorios. Algunas de las agroindustrias que iniciaron este tipo de agricultura intensiva, fueron DANPER, ECOSAC, GANDULES INC, entre otras. La norma obliga a producir bajo condiciones protegidas (casa malla) por regulación sanitaria y evitar la presencia de plagas y enfermedades cuarentenarias en EEUU.



Figura 2. Agricultura protegida para hortalizas frescas.

Paralelamente, se tienen algunas explotaciones agrícolas pequeñas y medianas de hortalizas en casa malla, destinadas a atender al mercado retail en supermercados, tanto convencional como orgánico.

En el mundo, algunos de los factores y elementos que impulsaron a la agricultura protegida han sido de índole ambiental, económico, comercial, regulatorio en términos de fitosanidad y agronómico. Por ejemplo, Bastida A. (2018), indica que en México algunos de estos factores fueron:

- 1) Gran diversidad de condiciones climáticas, apropiadas para la instalación de diferentes tecnologías y estructuras para la protección de cultivo y la obtención de productos agrícolas durante todo el año.

- 2) Vecino con uno de los mercados más grandes y con mayor poder adquisitivo; Estados Unidos y Canadá, con más de 400 millones de consumidores.
- 3) Mano de obra relativamente barata, aunque con baja capacitación.
- 4) Los costos de producción son entre 20 y 30 % más bajos que en USA y Canadá,
- 5) Los problemas de calentamiento global y cambio climático están llevando a que la agricultura a campo abierto cada día sea más complicada.
- 6) La combinación de agricultura orgánica con estructuras de protección lleva a la producción de alimentos más sanos. (p. 285)

Además, Bastida (2018) indica que según SAGARPA 2016, México ocupaba el séptimo lugar en producción de hortalizas y otros cultivos con agricultura protegida a nivel global. Respecto a Europa, el área mediterránea tiene una de las mayores concentraciones de cultivos protegidos del mundo, siendo la segunda zona mundial en importancia. Los invernaderos en el mundo superan los tres millones de hectáreas, con más del 50% de esta superficie el área asiática (China, Japón y Corea), seguida de la mediterránea. España es una de las zonas más representativas que las últimas décadas se ha producido un rápido desarrollo, siendo superada a escala mundial por China y Japón. (p. 287).

2.3. La casa malla como alternativa para producción de hortalizas frescas

La casa malla construida y dimensionada en módulo o módulos (Figura 3), es una estructura cerrada que permite producir de manera intensiva cultivos anuales especialmente, de manera convencional o en hidroponía. La posibilidad de lograr hortalizas frescas de calidad exportable, cumpliendo estándares sanitarios rigurosos, convierte a esta modalidad de producción agrícola en una alternativa viable y sostenible. Las ventajas competitivas y comparativas de la costa norte del Perú son ideales para el futuro de este innovador negocio agrícola que combina las bondades del clima y una mano de obra accesible y con rápido nivel de especialización. Los resultados experimentales y comerciales, así lo demuestran.



Figura 3. Unidad de producción de casa malla en Murcia España.

Fuente: Invernaderos El Pilar, (2017).

De acuerdo con la información técnica de Invernaderos El Pilar (2017), estos invernaderos tienen una estructura similar a la del tipo parral en raspa y amagado, con todos sus apoyos de acero galvanizado en caliente y una malla exterior montada sobre los mismos. Su diseño permite tener una mayor altura en el techo y disponer de más espacio interior, pudiendo ser su cubierta plana o inclinada con pendientes de entre el 18% y el 25%. Su uso está recomendado para climas templados y sin lluvias, siendo muy empleados en el cultivo de hortalizas (principalmente tomate, pimiento y pepino).

El diseño general de un invernadero tipo casa malla o sombra es muy sencillo, ya que su estructura está formada por un conjunto de postes metálicos sobre los que se instala una red de alambres y cordones que van a soportar el revestimiento exterior de malla (Figura 4 y 5); puntualmente, en casos particulares, las paredes laterales pueden llevar una cubierta enrollable de plástico sobre la malla mosquitera. Su función principal es proteger a los cultivos frente a los rayos solares, los fenómenos climáticos adversos (granizo y fuertes vientos) y los ataques de pájaros e insectos.



Figura 4. Interior de nave de casa malla

Fuente: Invernaderos El Pilar, (2017).



Figura 5. Estructura de casa malla o casa sombra con pimientos.

2.3.1. Estructura y sistema de conducción

La tecnología aplicada a las distintas formas de producción en invernadero o casa malla, ha ido evolucionando y mejorando en los últimos años, definiéndose alta, media y baja tecnología, de acuerdo con los materiales, equipos y manejo utilizados en su construcción y funcionamiento.

Como referencia de los sistemas productivos de agricultura protegida, podemos citar a los desarrollados en la provincia de Almería- España, que se caracterizan por el empleo de estructuras de bajo costo, reducido consumo de energía y con poca modificación del

microclima. Así tenemos el invernadero ‘parral’ o ‘tipo Almería’, el cual se desarrolló en los años 60’s a partir de unas estructuras del mismo nombre que servían de soporte al cultivo de uva de mesa de la zona (parras). Estas estructuras están conformadas a base de postes de madera y un tejido o malla de alambre.

Según Céspedes et al. (2009), en el trabajo “Sistema de producción hortícola protegido de la provincia de Almería”, adopta la siguiente clasificación de tipo de estructuras de invernaderos:

- Parral plano: Invernadero cuya cubierta es horizontal (plana) de plástico o malla.
- Parral monocapilla: Invernadero formado por una capilla a dos aguas, simétrica respecto del eje de la cumbre.
- Parral multicapilla simétrico (Raspa y Amagado simétrico): Constituido por varias capillas a dos aguas adosadas. Las capillas son simétricas respecto del eje de la cumbre (Figura 6).



Figura 6. Parral multicapilla

Fuente: Invernaderos El Pilar, (2017).

- Parral multicapilla asimétrico (Raspa y Amagado asimétrico). Invernadero constituido por varias capillas a dos aguas adosadas, y cuya cubierta presenta asimetría respecto del eje de la cumbre. (Figura 7).



Figura 7. Parral asimétrico

Fuente: Invernaderos El Pilar, (2017).

- Multitúnel o de arco. Invernadero caracterizado por la forma curva de su cubierta y por su estructura totalmente metálica (Figura 8).



Figura 8. Invernadero multitúnel.

Fuente: Invernaderos Rufepa, (2016).

Para algunos de los modelos descritos, se podría implementar con malla mosquitera, antiáfida o antitrips, tanto para techo como para las paredes, de acuerdo con el tejido y número de hilos monofilamento (Figura 9). Para zonas de clima templado o trópico, la instalación de casa malla es lo más recomendable para el cultivo de hortalizas frescas, ya que permite el paso de luminosidad, aireación e impide el ingreso de insectos plaga.



Figura 9. Casa malla o casa sombra.

Fuente: Invernaderos El Pilar, (2017).

“Las mallas empleadas en las casas sombra consisten en una tela tejida de plástico con entramados de diferentes tamaños. La regulación de la cantidad de luz que llega a las plantas se logra mediante diferentes porcentajes de sombra de las mallas. Las formas más comunes que adoptan las casas sombra son de techo plano y de techo a dos aguas. Las paredes laterales suelen estar en diagonal para soportar el peso de la cubierta y los cultivos, así como para resistir el embate de los vientos” (Olmo, 2018).

El diseño y estructura de una casa malla o casa sombra, difiere además de la extensión, en la disposición del techo o umbráculo, la altura, el tipo de malla utilizada, etc. En términos generales, una casa malla puede estar compuesta por:

- Estructura: Que incluyen los pilares verticales (esquineros, perimetrales, interiores) de tubo galvanizado; estructura horizontal compuesta por cordones y alambres trenzados. (Figura 10).



Figura 10. Postes perimetrales y centrales.

Fuente: Invernaderos El Pilar, (2017).

- Emparrillado: Alambres galvanizados horizontales que sostiene el sistema de conducción del cultivo o entutorado.
- Cerramientos: Incluye la malla anti-insectos en el techo y las paredes de la casa sombra. Se utilizan mallas de distintas dimensiones (ejemplo: 20x10 hilos/cm²); incluyen también las puertas laterales y antesalas. (Figura 11).



Figura 11. Cerramientos con malla 20x10.

Fuente: Invernaderos El Pilar, (2017).

- Pantalla: Compuesta por la malla de sombreo de 50% o más. (Figura 12).



Figura 12. Malla de sombreo

Fuente: Invernaderos El Pilar, (2017).

a) Sistemas de conducción

Los sistemas de conducción se refieren a la forma de como el cultivo estará dirigido y conducido desde la siembra o trasplante, hasta la cosecha. La manera de conducir al cultivo está en función al tipo de estructura utilizada que, para el caso de la casa malla y/o invernadero, necesitará de condiciones básicas para aplicar alguno de los sistemas comúnmente manejado. Estas condiciones, tienen que ver con la cimentación y enmallado de alambre, que darán la resistencia y “capacidad de carga” al que puede ser sometido el sistema con las cosechas futuras. El tipo de cultivo a instalar definirá las medidas de la estructura de soporte utilizadas en cualquiera de los casos. Existen casa malla sin estructura para tutorado (Figura 13 y 14) y para el pimiento se pueden aplicar cualquiera de los sistemas de tutorado que se describen a continuación.



Figura 13. Malla sombra sin sistema para tutorado.



Figura 14. Malla sombra sin sistema de tutorado.

b) Tutorado Español

INTAGRI (2020), propone el procedimiento para guiar y tutorar los pimientos en casa malla, para ambos sistemas de conducción. Respecto al sistema español explica que consiste en colocar uno o dos tutores (tubo, varilla, alambre o madera) en los extremos de las líneas de cultivo. Cuando son dos tutores en los extremos se disponen en forma oblicua, unidos en su base y abiertos unos 60 cm en el extremo superior. Los tutores se unen entre sí mediante hilos de rafia (polipropileno) horizontales pareados dispuestos cada 20-25 cm, que son los que mantienen la planta erguida, con un total de 5 a 6 parejas de hilos en total. De igual manera se

colocan hilos verticales cada 1.5 a 2.5 m para sujetar bien a la planta, atados a la estructura del parral, evitando que esta se vuelque (Figura 15 y 16).



Figura 15. Procedimiento para guiar y tutorar. y Figura 16. Tutorar pimientos en casa malla.

c) Tutorado Holandés

Para este tipo de tutorado, INTAGRI (2020), indica que el procedimiento consiste en conducir la planta con 2 o 3 tallos principales con una densidad de 5 a 6 tallos por m², buscando encontrar un balance con el número de tallos y los frutos sin afectar su tamaño y calidad. Existe una labor importante que es la poda continua por encima del primer nudo de los tallos laterales y principales, que permita mayor área foliar más fotosíntesis y transpiración, mayor flujo de nutrimentos hacia los frutos, evita insolación, entre otros beneficios. Este sistema de tutorado es muy utilizado en cultivos de pimiento bajo invernadero o casa sombra y con fines de exportación (Figura 17 y 18).



Figura 17. Sistema de tutorado holandés.



Figura 18. Utilizado en cultivos de pimiento bajo invernadero o casa sombra.

d) Suelo o sustrato

La decisión de producir bajo condiciones controladas de invernadero o casa malla en suelo o sin suelo (sustrato), se basa en la evaluación de factores como clima, suelo, tipo de cultivo, etc. La precipitación, la sanidad del suelo y el valor agregado del cultivo, pueden determinar en gran medida el uso de sistemas de producción con sustrato distinto al suelo.

Los cultivos sin suelo (CSS) pueden considerarse como un sistema muy eficiente desde el punto de vista energético, productivo y medioambiental. Involucra tecnología para desarrollar cultivos evitando los problemas naturales del suelo como: enfermedades, baja fertilidad, con baja o alteradas propiedades físicas, suelos salinos, etc.

Según Alarcón (2010), “no existe un sustrato ideal, aunque sí un manejo ideal para cada sustrato”. La elección de un sustrato dependerá de la disponibilidad del insumo, costos, experiencia sobre el manejo, etc. Entre los requisitos básicos exigidos a un sustrato tenemos: mantener una adecuada relación aire/agua, agua de fácil asimilación para el cultivo y simultáneamente una debida aireación para que las raíces puedan respirar (p. 9).

Por otro lado, Resh (2013), indica que el aumento en los rendimientos bajo el cultivo hidropónico sobre el del suelo pueden deberse a varios factores. En algunos casos, el suelo puede carecer de nutrientes y tener una estructura deficiente; por lo tanto, sin suelo el sustrato sería muy beneficioso. La presencia de plagas o enfermedades en los suelos reduce en gran medida producción. En condiciones de invernadero, a condiciones similares tanto para cultivos en suelo como sin suelo, el aumento de la producción de tomates cultivados hidropónicamente suele ser del 20 % al 25 %. Dichos invernaderos practican la esterilización del suelo y utilizan fertilizantes en soluciones nutritivas; como resultado, se superarían muchos de los problemas encontrados bajo condiciones de campo en el suelo. Estos factores explican los menores rendimientos utilizando cultivo del suelo frente al aumento de 4 a 10 veces en los rendimientos obtenido por cultivo sin suelo (p. 6.).

2.3.2 Equipos y accesorios

De acuerdo con la tecnología utilizada en los distintos tipos de producción protegida, se definirán los equipos e implementos de aplicación, mecanización y medición de cada proceso productivo. Son las variables climáticas, las que incidirán más en la elección de los equipos para mitigar el efecto adverso de alta temperatura, baja humedad relativa, baja luminosidad, precipitación, etc. Complementan a estos equipos, aquellos que permitan medir y cuantificar los parámetros que sirve para definir el riego, la nutrición, el sombreado, etc.

Respecto al equipamiento en los invernaderos tipo casa malla, Céspedes et al., (2009), propone para el control o regulación de temperatura y humedad relativa: Sistemas de humidificación o nebulización para bajar la temperatura y aumentar la humedad relativa, que funcionan pulverizando agua a diferentes presiones. (Figura 19).

Respecto a la ventilación, indica que los ventiladores pueden actuar como extractores, extrayendo el aire caliente del interior del invernadero y favoreciendo la entrada de aire del exterior a través de las ventanas”. (Figura 20) (pp. 93-98).

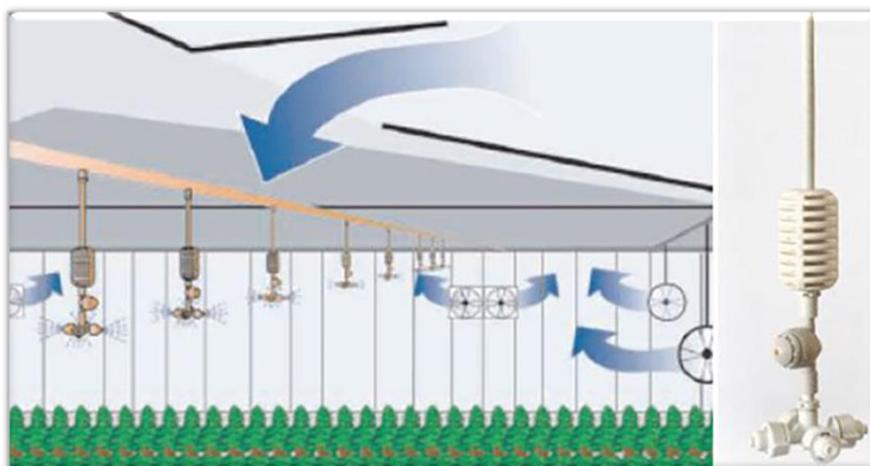


Figura 19. Sistemas de humidificación o nebulización

Fuente: Invernaderos El Pilar, (2017).



Figura 20. Extractores-ventiladores en invernadero.

Fuente: Invernaderos El Pilar

2.4. Los pimientos frescos y otras hortalizas producidas bajo casa malla

La casa malla no solo es una estructura que sirve para aislar a los cultivos del entorno y de esta manera protegerlos de las posibles plagas y enfermedades cuarentenarias o no, sino también permite instalar, mantener y cosechar especies de hortalizas para mercado fresco o industria, en distintas épocas del año.

Los cultivos que mayormente son instalados en este tipo de invernadero con fines de cosecha en fresco son pimiento, tomate, melón, pepinillo, etc.

El consumo de hortalizas frescas provenientes de una casa malla o “greenhouse”, constituye en gran medida una garantía de alimento saludable y probablemente con muy baja carga o nula residualidad de pesticidas, además de tener un sello especial y precio diferenciado en los mercados de destino.

Para efectos del siguiente trabajo, consideraremos al pimiento morrón (*Capsicum annuum* var. *annuum*.) como la hortaliza fresca en estudio y desarrollo; citando en algunas oportunidades a otras hortalizas como los tomates, melones y pepinos.

Según Alarcón (2006), el pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una solanácea de América del Sur, de la que España es líder de exportación en los mercados europeos. La superficie protegida de este cultivo ha venido aumentando año tras año en todo el país. El cultivo de pimiento en invernadero se centra en dos provincias principalmente, Almería (cultivos de otoño) y Murcia (cultivos de primavera).

El pimiento, al igual que otros cultivos protegidos, ha experimentado un incremento en su nivel de tecnificación y calidad de cosechas; explotaciones provistas de equipos automatizados de fertirrigación, invernaderos con control climático y cultivos sin suelo que logran cosechas tempranas con muy buenos precios. (Figura 21 y 22) (p. 3)



Figura 21. Pimiento en casa malla.

Fuente: Proain-Tecnología Agrícola



Figura 22. Tomates en casa malla y tutorado

Fuente: portalfrruticola.com (2017).

2.4.1. Cultivares y genética disponible

El mejoramiento y material genético (variedades-híbridos) existente en los distintos cultivos, está basado en la realidad de cada zona productiva; sin embargo, en el caso de los pimientos y específicamente de agricultura protegida, el desarrollo de esta genética ha seguido la ruta de los principales países o regiones donde se explota en mayor extensión. Así encontramos variedades y/o híbridos de casa malla e invernadero para México, Holanda, España, Israel, Canadá, etc. La adaptación o desarrollo de híbridos para realidades como la costa norte de Perú, pasa por varios años de múltiples ensayos y pruebas con materiales de distinta genética, ya que no existe programa de mejoramiento dirigido a las condiciones agroclimáticas especiales de esta parte del país, aún con el soporte de la tecnología que permita controlar de alguna manera variables como temperatura, luminosidad entre otros.

La elección del material genético en la casa malla, dependerá de las características agronómicas deseadas respecto a tipo de pimiento, resistencia a hongos, virus o bacterias, tipo de crecimiento, etc.; además de requisitos comerciales como color, tamaño, precocidad, etc.

a) Principales productoras de semilla de pimientos

- Enza Zaden
- Rijk Zwaan
- Hazera
- Syngenta

2.4.2 Campo abierto versus casa malla

La justificación por la que un sistema de producción en campo abierto puede o debe migrar a un sistema protegido en casa malla o invernadero plástico, se basa en las diferencias, ventajas y/o beneficios que a continuación se puede describir:

- **Sanidad:** Por cumplir con regulación de plagas cuarentenarias y/o proteger al cultivo de plagas clave como trips, ácaros, mosca blanca entre otros. Además de las enfermedades (virus) que algunas de estas plagas pueden transmitir. La posibilidad de uso de sustrato que reduzca los problemas sanitarios que tiene el suelo: hongos, bacterias, nemátodos, etc.
- **Clima-suelo-agua:** El relativo control de las variables climatológicas que se puede tener dentro de la casa malla y que incide directamente en la fisiología del cultivo. Menor incidencia de radiación por la malla del techo y sombreado. El uso alternativo de sustrato diferente al suelo o sin suelo, permite un manejo más fino del riego y soluciones nutritivas con mayor eficiencia. La automatización de labores como el riego con el uso de información en tiempo real de estación meteorológica (radiación o evapotranspiración) en condiciones de hidroponía, por ejemplo.
- **Plantación:** Existe un mejoramiento genético específico para variedades o híbridos de hortalizas y pimientos frescos producidos en casa malla, por lo que, con un manejo adecuado, el potencial de rendimiento y calidad serán mayores que los materiales de campo abierto para un mercado definido.
- **Labores:** Dado lo intensivo del cultivo y de las labores, de acuerdo con el tipo o sistema de conducción utilizado, exige una mano de obra especializada con ratios definidos.

Se han mejorado variedades específicas para producir mayores rendimientos bajo condiciones de cultivo en invernadero que las variedades cultivadas en el campo abierto.

Según Resh (2013), las variedades de invernadero no pueden tolerar las fluctuaciones diarias de temperatura como ocurre en el cultivo al aire libre; por lo tanto, su uso está restringido al cultivo para esas condiciones ideales, siendo estas las óptimas para superar con creces las variedades de campo. Los principales cultivos de hortalizas cultivados en invernaderos hidropónicos incluyen tomates, pepinos, pimientos, lechuga y otras verduras de hoja verde y hierbas. (p. 6)

2.4.3 Hidroponía y agricultura de precisión en casa malla

La hidroponía supone un hito y reto importante para la agricultura moderna, como alternativa de producción no convencional e integrada. El uso de material renovable como sustrato, técnicas de reutilización de insumos, aplicación de tecnología para uso preciso de nutrientes, manejo integrado de plagas, etc., representa una amplia vitrina de oportunidades para una agricultura racional en el uso de recursos y oferta más sana de productos agrícolas.

En general, las principales ventajas de la hidroponía sobre el cultivo del suelo son, una nutrición regulada con mayor control, uso eficiente del agua y fertilizantes, facilidad y bajo costo de esterilización del medio y mayor densidad de plantación, lo que puede conducir a mayores rendimientos por área.

Según Alarcón (2013), el concepto de hidroponía se refiere a tres niveles distintos:

- Cultivo hidropónico puro, sería aquel en el que la planta desarrolla sus raíces en medio líquido (agua con nutrientes disueltos) sin sustrato sólido. Se trata de los denominados “Liquid Hydroponic Systems” o también llamados “Liquid o Water Culture”, entre ellos NFT (Nutrient Film Technique) con todas sus variantes.
- Cultivo hidropónico según la tendencia mayoritaria, en agua o en sustratos sólidos que pueden ser inertes y porosos con aplicación de solución nutritiva (Aggregate Hydroponics Systems). De estos destacan los cultivos hidropónicos en surcos (Trough o Trench Culture); cultivo en sacos o bolsas (Bag Culture) rellenos de sustratos como lana de roca, perlita, vermiculita, turba, fibra de coco, mezclas, etc.
- Cultivo hidropónico en su concepción más amplia, se refiere al sistema en el cual las plantas llevan su ciclo vegetativo sin la necesidad del suelo. La nutrición mineral se lleva a cabo mediante una solución con los diferentes nutrientes esenciales en las concentraciones y relaciones programadas.

Para un mayor y mejor control del manejo del cultivo hidropónico, el uso de equipos y herramientas tecnológicas contribuyen a los buenos resultados, con la eficiente combinación de recursos agua-nutriente-mano de obra. La información diaria recogida de las variables meteorológicas, las ya conocidas mesas de fertilización que permite dosificar con precisión las soluciones nutritivas, el reúso del drenaje de las soluciones aplicadas previa desinfección con

equipos UV, etc (Figura 23 y 24). Es importante señalar que, si bien la instalación y mantenimiento de los sistemas hidropónicos significa un monto mayor al convencional, los resultados obtenidos en los primeros años, cubre con creces el flujo anual y acumulado, además de darle el valor agregado que un pimiento hidropónico representa.



Figura 23. Mesa de fertilización



Figura 24. Equipo de desinfección UV

Según Alarcón (2006), bajo las condiciones de hidroponía, los equipos automatizados de fertirrigación podrían estar presentes desde el inicio del riego con la señal del déficit hídrico. Esta señal puede ser dada por medidores de agua en el suelo, medidores de potencial de agua en el suelo (tensiómetros), sondas de conductividad eléctrica (CE), medida del potencial de

agua del xilema mediante cámara de presión, sensores de radiación (radiación acumulada), unidades evapométricas acumuladas, etc. (pp. 14-15).

La frecuencia y volumen de riego debe considerar el sistema de cultivo, tipo de sustrato, fenología y a las condiciones climáticas. La nutrición mineral del pimiento en hidroponía debe controlarse según la demanda de la planta mediante oportunos análisis químicos, sobre todo de la solución drenaje o la extraída del mismo sustrato. Dependiendo del análisis del agua de riego, la fecha de plantación y condiciones climáticas, se elabora la solución nutritiva de partida y mantenimiento (Tabla 1, 2 y 3).

Tabla 1. Cantidades diarias de agua en l/m

Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
1.0	1.5	2.0	4.0	4.5	6.0	7.0	8.0

Fuente: Alarcón, (2006).

Nota: Estimadas para un cultivo de pimiento dulce de primavera en invernadero con riego por goteo.

Tabla 2. Solución nutritiva para el cultivo hidropónico de Pimiento Dulce

NO ₃	P	K	HCO ₃	Cl	SO ₄ ²	NH ₄	Ca	Mg	Na	pH	CE
14.0	1.7	5.0	0.5	<8.0	2.0	0.0-0.5	5.0	2.5	<8.0	5.5	2.0

Fuente: Alarcón, (2006).

Nota: Los nutrientes se expresan en mmoles/l y la CE en mS/cm a 25°C.

Tabla 3. Equivalencias entre la cantidad de fertilizantes

<i>Iones (mmoles/g fertilizantes</i>	<i>NO</i>	<i>NH₄</i>	<i>H₂PO₄</i>	<i>K</i>	<i>Ca²</i>	<i>Mg²</i>	<i>SO₄²</i>
Ácido fosfórico 75%	-	-	12.26	-	-	-	-
Ácido nítrico 59%	11.86	-	-	-	-	-	-
Nitrato amónico 33.5%	11.96	11.96	-	-	-	-	-
Nitrato cálcico 15.5% N	10.29	0.78	-	-	4.74	-	-
Nitrato potásico (13-0-46)	9.29	-	-	9.76	-	-	-
Sulfato potásico (0-0-52)	-	-	-	11.04	-	-	5.93
Sulfato magnésico 16% MgO	-	-	-	-	-	3.97	3.96
Nitrato magnésico 11%N	7.86	-	-	-	-	3.90	-

Fuente: Alarcón, (2006).

Nota: Equivalencia entre la cantidad de los fertilizantes más comúnmente usados en hidroponía y los milimoles de los distintos nutrientes que aportan.

2.5 Clima, fisiología, riego y nutrición de los pimientos bajo casa malla

Bajo las condiciones de la costa norte de Perú, es importante el monitoreo de variables climáticas y su aplicación en la producción de los pimientos, principalmente la evaluación de

temperatura, humedad relativa, viento, radiación y los efectos que la combinación de estas variables pueda tener dentro de la casa malla y su impacto en la fisiología del cultivo.

El manejo de la información climática para la planificación de labores y programas, desde la siembra en vivero, es fundamental. Los días desde la germinación hasta los plantines listos para ir a campo, están influenciados por temperatura y luminosidad; la emisión de primeras hojas y raíces en campo definitivo o sustrato, de igual manera dependerá mucho de las condiciones cálidas, frías o secas del medio, además de la intensidad de la luz; la calidad de flores, polinización y maduración de frutos, tienen un componente climático en su normal desarrollo.

Potree y Luczynski (2005), sostienen que la temperatura óptima de crecimiento para el pimiento varía con la edad de la planta, la luminosidad, la etapa fisiológica predominante de acuerdo con la producción de carbohidratos, entre otros. La temperatura media diaria (Average 24 hours temperatures – ADT), para la producción óptima de pimiento en invernadero fluctúa entre 15 a 25°C, rango que permite una tasa de desarrollo de la planta, independiente de las fluctuaciones día/noche. El crecimiento y desarrollo de la planta está fuertemente influenciado por la luz, la temperatura, la humedad, el CO₂ y riego (pp. 15-17).

Según Resh (2013), la humedad relativa (HR) es la cantidad de agua presente en el aire en forma de vapor.

Cuando el aire está completamente saturado, tiene una HR del 100%. Con una cosecha completa en el invernadero, las plantas enfriarán la temperatura del aire liberando agua a la atmósfera por transpiración. En la actualidad los operadores de invernaderos miden y controlan la humedad en la atmósfera utilizando el término Déficit de Presión de Vapor (VPD), que es la diferencia entre la presión de vapor real a una temperatura dada y la presión de vapor máxima (saturación). VPD va en dirección opuesta a HR. Cuando la HR es alta, el VPD es bajo, si el VPD es demasiado bajo, la temperatura puede ser demasiado baja y/o la HR es alta, causando el cultivo sea vegetativo, blando y de crecimiento débil. Si el VPD es demasiado alto, el cultivo es estresado y puede volverse duro, atrofiado y muy generativo.

Un buen equilibrio entre las fases vegetativa y generativa de las plantas es esencial para la productividad. El VPD, la temperatura, las formulaciones de nutrientes y los ciclos de riego son importantes en la manipulación de este equilibrio entre las fases vegetativa y generativa (pp. 403-404).

El manejo de las variables climáticas dentro de la casa malla, resultan determinantes en la performance de la planta, el número y calidad de frutos. Los desórdenes fisiológicos que pueden presentarse se atribuyen principalmente a causas directas e indirectas de las condiciones que, en el medioambiente del invernadero, pueden dar la temperatura, HR, radiación, etc. Dentro de las principales fisiopatías o desordenes fisiológicos que comenta Berrios et al (2007), tenemos:

- Partidura cuticular o cracking, ocasionado por un desbalance de agua en el fruto, que a su vez puede tener su origen en diferencias no controladas de temperatura, HR y VPD.
- Quemadura y deshidratación, ocasionado probablemente por un inadecuado manejo de poda de hojas. (Figura 25).
- Necrosis apical o Blossom end rot (BER), relacionado con condiciones climáticas cálidas y limitada absorción/traslación de calcio.
- Black spot, stip o pepper spot, puede deberse a desbalance de nutrientes como calcio por altos contenidos de N-NH₄ y bajo K⁺.
- Pitting o sobremaduración, asociado a cosecha en altas temperaturas y susceptibilidad varietal, como se aprecia en la Figura 26.



Figura 25. Fruto deshidratado



Figura 26. Pitting en fruta

Según Alarcón (2006), el pimiento es muy sensible a la asfixia radicular y a los extremos de temperatura, además la falta de humedad y el exceso de conductividad eléctrica (CE) en el sustrato, también afectan las raíces, siendo un cultivo moderadamente sensible a la salinidad.

La nutrición mineral del pimiento en hidroponía debe controlarse con los oportunos análisis químicos, sobre todo, de la solución drenaje o la extraída del mismo sustrato. Dependiendo del análisis del agua de riego, la fecha de plantación y las condiciones climáticas se elabora la solución nutritiva de inicio. Recomienda que el nitrógeno se podría aportar como KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NH_4NO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ y/o HNO_3 . El K se aporta como KNO_3 y en su caso K_2SO_4 . El total del fósforo se suministra como H_3PO_4 siempre que el ajuste de pH lo permita, sino también se puede emplear fosfato monoamónico. El pimiento es una planta exigente en SO_4^{2-} y Mg, en tal caso se aporta $\text{Mg}(\text{SO}_4)_2$, K_2SO_4 o $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$. Los micronutrientes se suelen aportar a dosis fija durante todo el cultivo. Considerar en el programa un complejo comercial que contenga Fe, Mn, Zn, Cu, B y Mo. Se recomienda que las aguas de riego no tengan un contenido demasiado alto en Cl^- y Na^+ (<8 mM en cloruros y sodio), en el caso de tener valores altos en el agua de riego hay que aumentar los aportes de NO_3^- y Ca^{2+} ; ajustar las relaciones catiónicas y controlar el aumento de C.E. en el sustrato (pp. 22-23-24-25-26).

Por último y en el caso de las siembras de pimiento en suelo/arena, Alarcón (2006) indica que, iniciando una correcta fertilización de fondo, no se suele fertilizar hasta que los frutos de la cruz no tengan un tamaño determinado, para evitar un crecimiento vegetativo excesivo, aborto de flores y caída de frutos recién cuajados.

El pimiento presenta exigencias de nitrógeno muy intensas durante las primeras fases del cultivo, para ir disminuyendo con la cosecha de los primeros frutos; controlando su dosificación, para evitar retraso en la maduración de los frutos. La máxima demanda de fósforo coincide con la aparición de las primeras flores y con el período de maduración de las semillas. La absorción de potasio aumenta progresivamente hasta la floración, manteniéndose después equilibrada, y es determinante en la precocidad, coloración y calidad de los frutos. El pimiento es muy exigente en cuanto a la nutrición de magnesio, la absorción de este elemento aumenta durante la maduración (pp. 27-28).

2.6 Sanidad: Principales plagas y enfermedades. Control integrado

El manejo de plagas y enfermedades en casa malla, ha girado en torno al control integrado, es decir, el uso de métodos, equipos, herramientas, programas, etc., que combinados, permitan obtener cultivos y productos sanos y rentables, salvaguardando el medioambiente.

La producción e hortalizas frescas en ambientes protegidos, tanto para mercado interno como para exportación, está regulada por normas que buscan darle el valor y sostenibilidad a este tipo de explotación agrícola; así tenemos por ejemplo, en España reglamentos que se aplican de acuerdo a la zona de producción, como es Murcia y Almería; En Perú, cuya producción de pimientos destinada al mercado de EEUU, está normada por una serie de requisitos regulatorios contra plagas y enfermedades cuarentenarias.

Dentro del marco regulatorio, la Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía-España en su boletín oficial (2015), comenta acerca de la normativa de producción integrada de hortalizas protegidos, a través del “Reglamento Específico de Producción Integrada de cultivos hortícolas protegidos: tomate, pimiento, berenjena, judía, calabacín, pepino, melón y sandía”, con el cual se busca dar el orden y sostenibilidad a este tipo de actividad agrícola. En sus principales disposiciones, indica la exigencia de manera obligatoria o recomendación, los distintos aspectos de la agricultura protegida, que abarca la instalación, manejo agronómico con énfasis en lo sanitario, períodos de campo limpio, etc. (pp. 60-61)

Rodríguez y Aparicio (2011) señalan de acuerdo a la experiencia española que, en función de la zona de cultivo, del sistema, aire libre o bajo cubierta, puede afectarle más unas plagas que otras. Los niveles de población varían también según la zona, el clima y el número de cultivos

que se realicen al año en la misma parcela, jugando un papel importante en este aspecto los traslapes de generaciones de las plagas. Dentro de las principales plagas tenemos las siguientes; haciendo énfasis en sus principales enemigos naturales y otros componentes del control integrado:

- Trips – *Frankliniella occidentalis* (Pergande), ocasiona daños directos en hojas, flores y frutos. Además, puede transmitir virus como el virus del bronceado del tomate TSWV. Entre los predadores figuran: *Orius* y *Amblyseius*.
- Arañita roja – *Tetranychus urticae*, ocasiona daños directos al picar y succionar savia, tornándose la piel de la hoja marrón. Entre sus predadores tenemos a *Amblyseius* y *Phytoseiulus*.
- Acaro Hialino o Blanco – *Polyphagotarsonemus*, larvas y adultos afectan hojas y frutos de pimientos, causando arrosamiento y deformación, respectivamente. Predadores conocidos del género *Amblyseius*. (pp. 3-40)
- Mosquilla de los brotes – *Prodiplosis longifila*, es una de las plagas clave en el manejo sanitario dentro de la casa malla. Con ciclo biológico completo que va desde los 11-20 días, causa daños a brotes, flores y frutos recién cuajados hasta cerca de la cosecha. La larva raspa y se alimenta de tejido epidermal, propiciando caída de órganos e ingreso de patógenos. (Castillo, 2010). No cuenta con enemigos naturales eficaces, siendo las medidas de control cultural, etológico y físico las más recomendadas. (Figura 27 y 28).
- *Symmetrischema capsicum*, hembra ovipone en brotes, hojas, botón floral y frutos. Las larvas se alimentan de botones florales y frutos (Narrea, 2012, p.24). No cuenta con enemigos naturales eficaces, siendo el control cultural, etológico y físico los recomendados.
- Nemátodo del nudo – *Meloidogyne incognita*, cuyos estados inmaduros y adulto (hembra) causan daños directos en la raíz del pimiento, extrayendo nutrientes y formando agallas. Los métodos de control más usados incluyen biofumigación, solarización, buen nivel de materia orgánica en el suelo, uso de genética resistente, etc. (Rodríguez y Aparicio, 2011).



Figura 27. Adulto de Prodiplosis logifila

Fuente: Red Agrícola (2017).



Figura 28. Larvas de Prodiplosis en brotes.

Fuente: CITE Agroindustrial. ICA

- Oídium – Leveillula taurica, el hongo puede atacar hojas jóvenes y maduras, extendiéndose las manchas pulverulentas hasta los frutos, causando caída y manchas respectivamente (syngenta.es, 2022). Se recomiendan medidas de control cultural, físico, genético y biológico.

Según Rodríguez y Aparicio (2011), las premisas de control para la producción de pimientos en condiciones de invernadero, basado en el Reglamento específico de Producción Integrada de cultivos hortícolas protegidos de La Junta de Andalucía (Orden de 10 de octubre de 2007), consideran:

- Actualización de sustancias activas permitidas.
- Estrategias orientadas al uso de organismos de control biológico.
- Complementar con otros medios de defensa fitosanitaria, con recomendación técnica especializada.
- Uso de plantas reservorio a ser instalada dentro del cultivo, con la conformidad del técnico especialista

Como principios y prácticas básicas se recomienda, anteponer los métodos biológicos, culturales, físicos y genéticos a los métodos químicos. Trampas cromotrópicas, uso de feromonas, controladores biológicos identificados y regulados, campo libre de malezas, etc. (pp. 19-20).

2.7 Cosecha y postcosecha

La fenología del pimiento producido en casa malla, estará marcado por las condiciones de clima, suelo y material genético utilizado; además, de la época de siembra y ciclo productivo.

Según Potree y Luczynski (2005), desde el cuajado al color de maduración requiere de 8 a 10 semanas (dependiendo de variedad/híbrido). Tarda aproximadamente cuatro semanas desde etapa de fruto verde a rojo, anaranjado o amarillo maduro. El tiempo desde el cuajado hasta la cosecha se acorta a medida que avanza la temporada en los meses de verano. Aunque es difícil de lograr, debería apuntar a una cosecha uniforme de 6 a 7 frutos/m²/por semana. Cosechar un mayor número de frutos (10 a 13 frutos/m² /semana) puede causar muerte regresiva de raíces y afectar negativamente el equilibrio de la planta. Cosechar cuando la fruta tenga un 85 – 90 % de color, elegir una o dos veces por semana. Los pimientos deben ingresar a frío tan pronto como posible y almacenado entre 7 y 8°C y 90% HR. Usar un cuchillo afilado asegura un corte limpio, reduce la incidencia de infección del tallo y evita dañar la fruta adyacente. Opciones para la recolección de frutos al final de la temporada incluyen:

- Dos semanas antes del final de la cosecha, cosechar fruto verde, que no madurará a tiempo para limpieza (siempre que haya un mercado para fruta verde).

- Una semana antes del final de la cosecha, cosechar toda la fruta madura.

En el mismo trabajo Potree y Luczynski (2005), sostienen que la calidad de la fruta se ve afectada principalmente por la polinización, temperatura, disponibilidad de fotosintatos y nutrientes:

1. Polinización: aumenta el número de semillas que a su vez aumenta la capacidad de producir fotosintatos; aumenta el tamaño y peso de la fruta y reduce número de frutos malformados. La temperatura y la humedad relativa afectan la viabilidad del polen. A un rango de temperatura de 20 a 22°C la viabilidad del polen se optimiza mientras que las bajas temperaturas nocturnas (12 a 16°C) o altas temperaturas diurnas (>28°C) reduce significativamente su viabilidad. (Figura 29).
2. Temperatura: a altas temperaturas (>25°C), la fruta madurará más rápido, pero tendrá paredes delgadas y menor peso; a temperaturas más bajas, especialmente durante la noche, la fruta desarrollar paredes más gruesas y podrá ser más pesada.
3. Disponibilidad de fotosintatos: el suministro limitado o excesivo de fotosintatos puede afectar la calidad de la flor y por ende la del fruto. La competencia excesiva entre frutos puede reducir la disponibilidad de fotosintatos.
4. Disponibilidad de nutrientes: la distribución de calcio (Ca⁺⁺) a la fruta se reduce con una alta transpiración. Esto es especialmente crítico en los frutos pequeños (<2 cm de diámetro) etapa temprana donde hay escasez de calcio y causa la pudrición apical (BER). (p. 7)

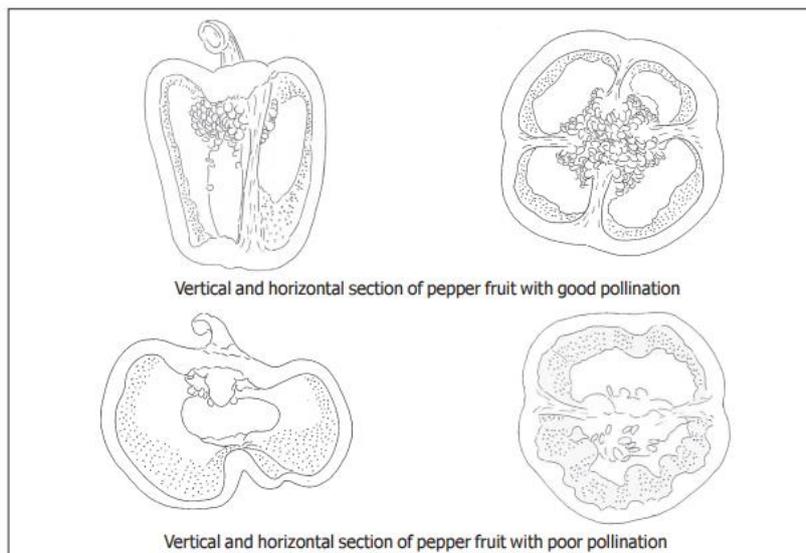


Figura 29. Polinización en pimiento.

Fuente: BC Greenhouse Growers, (2005).

La postcosecha requiere de una logística muy bien definida. Desde el momento de la decisión de cosechar (horas sin exceso de calor), las horas de la operación de corte, el tiempo desde la casa malla hasta la zona de recepción-refrigeración-frío, etc. Todo ello influirá en la calidad de la fruta en proceso y destino. Algunos problemas postcosecha más comunes que se evidencian en el proceso son: Deshidratación, ablandamiento de fruta, mal corte de pedúnculo, daño mecánico, podredumbre del pedúnculo, etc. (Figura 30 y 31).



Figura 30. Fruto maduro y deshidratado



Figura 31. Fruto con pedúnculo afectado

2.8 Costos y análisis económico

La inversión para la instalación de algún módulo de agricultura protegida y el cultivo o variedad a instalar dependerá de las condiciones agroclimáticas y de las premisas comerciales. Así tenemos que, en países como Canadá, líder en la producción de pimientos frescos bajo invernadero, se hace indispensable el uso de cobertura de plástico o vidrio, además del control interno del clima. Esta inversión puede llegar a USD50.00 por m², incluyendo sistema de control de clima, luminosidad, sistema de fertiriego, etc., con un costo directo de USD0.75 por kilogramo, con un rendimiento proyectado de 25 kg/m² y exportable del 90%, siembra en hidroponía. Otro país que ha desarrollado tecnología y conocimiento en el manejo y producción de pimientos frescos es España, donde las estructuras de plástico abarcan la mayor extensión, dadas las condiciones climáticas. Este tipo de invernadero puede llegar a un costo de USD20 por metro cuadrado, incluido control climático, sistema de fertiriego y accesorios. El kilogramo producido puede llegar a costar USD0.65 con rendimiento de 15 kg/m² en suelo o sustrato (fibra de coco en bolsa).

La inversión para instalar una casa malla en Perú, con materiales importados en su mayoría, puede ascender a USD10.0 el metro cuadrado, incluyendo obras civiles (cimentación) sistema de riego y accesorios. Los costos de mantenimiento pueden llegar a USD0.50 por kilogramo, con un rendimiento de 14 kg/m², considerando una siembra en suelo o suelo más sustrato (fibra de coco en tabla).

El proyecto y flujo económico de la producción de pimientos frescos en casa malla, deberá considerar el mercado de destino (local o exportación) para dirigir el manejo convencional o hidropónico. (Ver Anexo 1).

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

La experiencia laboral por describir forma parte del trabajo desarrollado en los últimos 10 años, teniendo como base el manejo agronómico de frutas y hortalizas frescas en el norte del Perú. Se pondrá énfasis en la producción de pimientos frescos en casa malla como una actividad agrícola alternativa a las ya desarrolladas hasta ahora, además de las variantes que este tipo de agricultura ofrece y exige, tales como el uso de sustratos distintos al suelo, equipos de medición varios y mano de obra especializada, entre otras.

3.1 Ubicación y análisis del entorno agroclimático de Motupe

El Distrito de Motupe, provincia y región Lambayeque, geográficamente ubicada a una Latitud de $6^{\circ} 9' 11''$, y Altitud de 125m.s.n.m, es una zona eminentemente agrícola, donde se desarrollan cultivos anuales y permanentes para abastecer mercado interno y externo. Es uno de los valles de la región Lambayeque, que ha cultivado y cosechado desde hace varias décadas, frutales y hortalizas con fines de agroexportación, siendo el mango, uva y palta, las principales frutas producidas y exportadas. Por otro lado, también se producen hortalizas como los pimientos, para industria principalmente. (Figura 32).

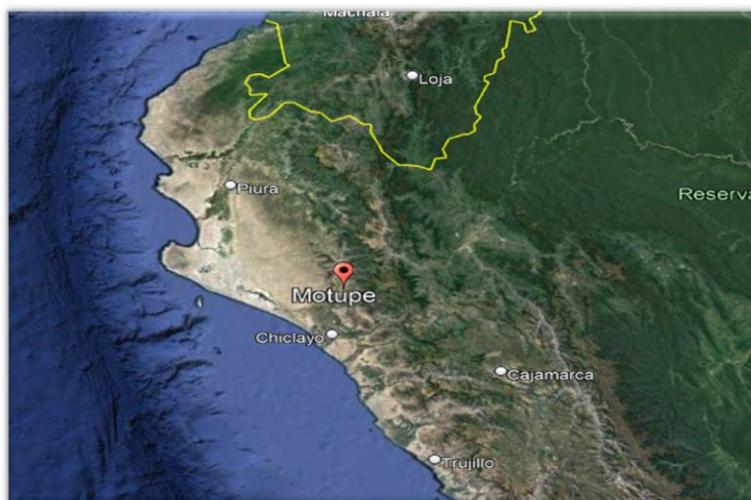


Figura 32. Ubicación de la zona de producción

Fuente: Google earth

Las condiciones agroclimáticas son propicias para la instalación y consolidación de la industria de hortalizas frescas bajo la producción en casa malla u otra estructura de agricultura protegida. Sin embargo, en determinadas semanas del año, la presencia de anomalías climáticas, necesitarían del uso de equipos y/o técnicas para mantener los niveles óptimos de aquellas variables determinantes en el manejo agronómico; como temperatura, humedad relativa, luminosidad entre otras.

3.1.1 Variables meteorológicas y su efecto sobre los pimientos en casa malla

Las principales variables meteorológicas que influyen en el desarrollo de las plantas producidas bajo casa malla son la temperatura, humedad relativa, luminosidad; además el viento, precipitación y evapotranspiración, complementan la información necesaria para el diseño y manejo del cultivo.

La temperatura máxima y mínima influyen en los distintos procesos fisiológicos del pimiento cultivado en casa malla; así tenemos que en las primeras semanas de trasplantados los plantines, necesitarían de una temperatura mínima interna ($>14^{\circ}\text{C}$) - asumiendo que la época de trasplante es entre junio-julio - para enraizar y emitir sus primeros brotes de manera normal. Luego, las plantas asimilarán para sus procesos metabólicos, temperaturas promedio de $14-28^{\circ}\text{C}$ y $24-32^{\circ}\text{C}$ en los meses más fríos y calurosos respectivamente. Estructuras y funciones determinantes en la planta como tamaño y estructura interna de la flor, polinización, llenado de fruto (semillas), maduración, etc., están íntimamente ligados al comportamiento climático y las decisiones en el manejo agronómico. En el invierno las flores no llegan a tener la calidad óptima (tamaño y estructura), pudiéndose observar frutos malformados o deformes, poca semilla, etc. De igual manera, en verano, las altas temperaturas y baja humedad relativa, afectan la traslocación de algunos nutrientes, observándose deficiencia de calcio y pudrición apical, por ejemplo, con los síntomas característicos del “blossom end rot”.

El manejo de la malla de sombreo para control de temperatura y radiación, el uso de microaspersores o “foggers”, además de aumentar la humedad relativa, baja la temperatura; el humedecimiento de las paredes de la casa malla, etc., constituyen prácticas diarias para minimizar el impacto de estas variables.

La necesidad de mantener un ambiente “fresco” en los días de mayor temperatura, obliga a hacer uso de materiales, equipos y procedimientos para impedir que la planta se estrese y la

fruta exprese algunas fisiopatías como pitting, agrietado, estrías, blossom, etc. La humedad relativa debería mantenerse en niveles por encima del 60% para el normal desarrollo de funciones determinantes como polinización, transpiración, entre otros.

El viento, como agente movilizador de aire fresco al interior de la casa malla, cumple un rol importante, aunque en el verano, se vería limitado por la temperatura y las masas de aire caliente; además, la posibilidad que el viento acarree y deposite partículas de polvo en el techo de la casa malla, se convierte en un problema por la progresiva pérdida de luminosidad interna.

La precipitación podría afectar la plantación en la medida que exceda los valores normales de la zona o se produzca en momentos y volúmenes inesperados en los que se encuentra el cultivo en producción; pudiendo darse el caso que el “techo” de la casa malla se encuentre con partículas de polvo y origine una contaminación con el lodo que el agua de la lluvia lave a su paso.

3.2 Diseño y planificación

Se propone una estructura tipo invernadero con cerramientos (techo-pared-antesala) de malla antiáfida o antitrips (20x10 filamentos por cm²) y un tinglado con malla de sombra (35% de sombreo). El área de cada casa malla puede ser de 2-2.5 há (5m de altura), módulo promedio para el manejo de labores, actividades y cosecha. Se proyectó instalar siembras en suelo (arena), sustrato inerte (fibra de coco en tabla, enterrado en suelo) e hidroponía (fibra de coco en bolsa). La tecnología sobre la que se puede basar y desarrollar este tipo de proyectos, tiene a España, Holanda y México como referentes y empresas del rubro como posibles proveedores.

En una primera etapa y como equipos básicos para la aplicación y control del riego, se proyecta un diseño de riego presurizado por goteo, con cabezal de filtrado, bombas de riego con variador de frecuencia, tanque de fertilizantes, tanque para ácido y un depósito para mezclas.

3.2.1 Estructura y tipo de conducción

La extensión y diseño de la casa malla, como unidad de producción debe obedecer a un objetivo de manejo, conducción, rendimientos y calidad del producto a obtener. En el caso del pimiento fresco, se propone producir y exportar frutas de calidad para el mercado americano, por lo que se debe cumplir como punto de partida, con el lugar protegido y de exclusión para plagas cuarentenarias de acuerdo con norma sanitaria. Luego, se proyecta cosechar frutas en los sistemas de conducción que aseguren rendimiento y calidad exportable. Tanto el sistema de

conducción español como el holandés necesitan de una estructura firme y resistente que pueda soportar más de 15 kg/m² incluida la fruta, masa vegetativa y materiales de soporte (Figura 33 y 34). También se puede ensayar, casa malla sin estructura de conducción (Figura 35), para ser guiado en espaldera con una siembra en suelo.



Figura 33. Sistema de conducción español.



Figura 34. Sistema de conducción holandés



Figura 35. Casa malla ligera.

Serán necesarias estructuras adicionales, equipos y materiales que refuercen las condiciones de producción, así como asegurar la exclusión de plagas dentro del módulo, así tenemos: Antesala con ventilador, humidificadores para elevar la humedad relativa y bajar la temperatura, cobertores plásticos de suelo, malla de sombreo, etc. (Figura 36).



Figura 36. Antesala de casa malla.

3.2.2 Producción en suelo y/o sustrato

Los pimientos responden muy bien en rendimiento y calidad a siembras en suelo y en sustrato. Ambos requerirán de ciertas condiciones y proyectarán distintos resultados, así tenemos que para la zona de Motupe:

a) Producción en suelo

- Requiere de análisis nutricional y sanitario previos a la elección de variedades o híbridos de pimiento a instalar. Tener en cuenta la textura del suelo (arena-arcilla), contenidos nutricionales, cultivo anterior, presencia de patógenos (nemátodos, hongos, bacterias), etc. El suelo a seleccionar en el proyecto es francoarenolimoso. (Figura 37).
- Las principales limitantes pueden estar en la presencia de patógenos como nemátodos, especialmente en suelos arenosos, cuyo inóculo sería el agua de río o superficial; la contaminación mecánica a través de herramientas o implementos, etc. Otra limitante podría ser el tipo de suelo arcilloso y una deficiente preparación que permita un buen drenaje. Suelo o agua salina también serán factores que pueden limitar buen rendimiento y calidad de la producción de pimiento protegido en suelo. Para el caso, se tendría un programa de control contra nemátodos, incluida aplicación de materia orgánica; la preparación de terreno con labor de subsolado y la calidad del suelo y agua, sin sales en cantidades que afecte el óptimo desarrollo de las plantas.
- Los costos de instalación y mantenimiento son menores, comparado con los asumidos en fibra de coco en tabla y en bolsa, tanto en materiales (sustrato) e insumos (fertilizantes).

b) Producción en sustrato

- Si la producción de pimientos se haría sobre tablas de fibra de coco enterrada en el suelo, este material mejora la retentividad y disponibilidad de nutrientes, por consiguiente, optimiza el vigor y el metabolismo de la planta, asumiendo un buen manejo del resto de variables.
- Si la producción es en fibra de coco en bolsa (hidroponía) (Figura 38), la mejora en el vigor y actividad fisiológica de la planta es superior al método anterior, basado en un manejo fino del riego y la nutrición. Si bien todas las formas de producir precisan de información de variables climática, evaluaciones precisas; esta forma de producir pimientos requiere de un acompañamiento de equipos, evaluaciones y procesos más complejos, como, por ejemplo: diseño para riegos cortos (pulsos), goteros tipo flechas y sistemas de recirculación, información meteorológica de radiación o luminosidad diaria (estación Davis o luxómetro), unidad de desinfección de solución nutritiva, etc.

- Para ambos casos es necesaria la disponibilidad de información en tiempo real de variables como radiación, evapotranspiración, pH, conductividad eléctrica, etc., para la toma de decisiones diarias en el manejo agronómico.

La evolución de la siembra de pimientos frescos en casa malla y la curva de experiencia, podría iniciarse con el manejo en suelo (suelo franco areno-limoso de preferencia) para luego de unos años, migrar a una producción mixta (suelo + sustrato-fibra de coco), asumiendo que cada año existe un incremento de patógenos en el suelo, que nos obliga a recurrir al uso de desinfección o tratamiento con químicos. Esta forma mixta, puede mejorar los rendimientos, sin embargo, también existe una acumulación de nemátodos, hongos u otros patógenos. El uso de fibra de coco y desarrollo de hidroponía sería el tercer método de producción al que se podría recurrir en una primera etapa, con los beneficios y limitaciones que ya hemos descrito y seguiremos detallando.



Figura 37. Pimiento en suelo.



Figura 38. Pimiento en fibra de coco en bolsa

3.2.3 Calendario de siembra, labores y cosecha

El momento de la siembra y trasplante dependerá en gran parte de la estrategia comercial, sin embargo, es importante tener en cuenta las condiciones climáticas en las distintas etapas fenológicas del pimiento.

Siendo el pimiento fresco en casa malla, un cultivo de largo aliento (8-10 meses), necesita de una buena planificación para el mejor y mayor control de las variables climáticas en los meses que puedan afectar el normal desarrollo de las plantas y calidad de la fruta. Como referencia comercial, lo ideal son siembras de Jun-Jul, para cosechas a partir de Oct a May del siguiente año.

3.3 Instalación y manejo agronómico

El manejo agronómico planificado y ejecutado, además de las prácticas usuales y comunes a campo abierto, basa su éxito en que sean oportunas y precisas en el riego, la nutrición, sanidad y labores culturales. El uso de la estructura cerrada asegura la sanidad desde el inicio de la plantación, además de las condiciones controladas de algunas variables climáticas. El monitoreo de la temperatura, humedad y luminosidad desde la instalación es fundamental para el desarrollo y vigor de los plantines; además de la evaluación permanente de las soluciones nutritivas y su efecto sobre la fenología diaria. Se utiliza en gran medida la malla de sombreo para reducir el efecto de la temperatura, radiación y aumentar humedad y en cuanto al fertiriego, el control de CE y pH de las soluciones nutritivas.

Las labores culturales y agronómicas están dirigidas a acompañar al cultivo en el ciclo vegetativo montado en un sistema de conducción que le permita expresar todo su potencial, con variedades seleccionadas para la producción dentro de invernaderos.

3.3.1 Preparación e inicio de plantación

Para la preparación del terreno, proyectando siembra en suelo se realiza un primer gradeo y una segunda pasada de grada con tabla o riel para nivelar. Luego se surca, teniendo en cuenta el tutorado español u holandés para el espaciamiento.

- Tutorado holandés: Hileras dobles de 50 cm a 2 metros de separación entre hileras.
- Tutorado español: Hilera simple a 1m de distancia entre hileras.

En el fondo del surco se puede incorporar estiércol descompuesto (20tn/ha). Como alternativa al control de nemátodos, se puede realizar una desinfección de suelo con Dicloropropeno+1,3Cloropicrina, directamente como gas a una dosis de 400kg/ha. Como complemento y mejora a las condiciones que nos ofrece el suelo, se puede incorporar la fibra de coco (en tablas 100x15x5cm) como sustrato que permite mayor retentividad y disponibilidad de nutrientes, además de estar libre de nemátodos. Se colocan las tablas en la línea del surco, a una distancia de 5-10cm una tras otra. Se riega para hidratarlas a razón de 40L/ml y luego se cubre.



Figura 39. Plantín próximo a trasplante

Se puede aplicar herbicida post emergente y pre emergente para el control de malezas dos días antes del trasplante. El día del trasplante se realizaría la desinfección de los plantines (Figura 39) por inmersión en bandejas con un fungicida e insecticida, así como un enraizante (Algas marinas-Ecklonia). Aplicación de leche en forma foliar como prevención ante enfermedades virósicas.

La densidad puede ser de 35.000-40,000 plantas/ha aprox. en cualquiera de los sistemas de conducción conocidos. Se realizará una alineación con cordel para mantener la uniformidad de la plantación.

3.3.2 Variedades y genética desarrollada

Dentro de los híbridos desarrollados en los últimos años por las empresas genetistas obtentoras de semillas, se diferencian aquellos dirigidos a la producción de pimientos en casa malla o invernaderos de baja o media tecnología y aquellos destinados a los invernaderos de alta tecnología o “high-tech”, cada uno con sus características propias. Además del precio que pudiera tener cada híbrido, lo importante es conocer la adaptabilidad y viabilidad de este para las condiciones de agricultura protegida desarrollada, a través de su ficha técnica, formato de planta y fruta y/o ensayos realizados.

Dentro de las características que pudieran servir para la elección de una variedad (híbrido) de pimiento, tomando como base un plan comercial:

- Formato de planta, vigorosidad, distancia de entrenudos.
- El color del pimiento: Si es para cosecha en rojo, amarillo, naranja o verde.
- La forma de la fruta y tamaño: Número de lóbulos y potencial de calibre L-XL.
- Baja susceptibilidad a cracking-pitting.
- Cáscara (pared) gruesa y color brillante.
- Resistencia/tolerancia a enfermedades: Oidium, phytophthora capsici, etc
- Resistencia/tolerancia a nemátodos.
- Resistencia a virus.

La evaluación permanente del comportamiento agronómico de híbridos seleccionados con el objetivo de adaptarlos a las condiciones de costa norte se hace indispensable para contar con materiales aptos y competir en el mercado de pimientos frescos de los distintos mercados; más

aún, cuando no existe un desarrollo específico para la realidad peruana por parte de las principales casas genéticas. Un buen “screening” implica una revisión de los materiales disponibles para condiciones similares a las nuestras, evaluando su comportamiento en campo y en postcosecha-anaquel.

3.3.3 Manejo de luminosidad y radiación

La malla propuesta (20 x 10 hilos/cm²), puede reducir la radiación directa al cultivo, sin embargo, es necesario el uso de una protección adicional para aquellas horas del día con una mayor incidencia en las semanas de verano, principalmente.

La malla de sombreo puede disminuir la temperatura mediante una disminución de radiación entre 30-35%. El manejo de esta malla comprende de cerrar o abrir la malla en función de lecturas de la radiación dentro de la casa malla desde las 9am o más horas diurnas, en las semanas de mayor temperatura. Los valores de radiación a partir de los cuales se decide extender o recoger la malla en de 1200mmol*m⁻²*s⁻¹ para abrir y 600mmol*m⁻²*s⁻¹ para cerrar, lectura obtenida en tiempo real de la estación meteorológica. En los días nublados, no es necesario extender la malla y se optaría por tenerla recogida ante la persistencia de nubosidad.

3.3.4 Fisiología, riego y nutrición

La elección de los híbridos a producir en un programa comercial de pimientos en casa malla, obedece a un proceso de pruebas y selección (screening) y la adaptabilidad de genética no necesariamente creada para climas similares al de la costa norte del Perú. Cada material a evaluar debería tener en cuenta no solo las características descritas en la ficha técnica, sino su comportamiento desde el trasplante frente a las distintas variables climáticas, suelo/sustrato y manejo agronómico aplicado. Eventos fisiológicos importantes como la germinación, brotamiento vegetativo (entrenudos), floración (calidad de flor), polinización, cuajado, desarrollo del fruto y madurez, etc., están directamente ligados a la genética de la planta y la respuesta de esta a las condiciones climáticas dentro y fuera de la casa malla. Así tenemos por ejemplo que, días fríos y nublados en la etapa de instalación del cultivo (1-4 semanas), puede afectar la emergencia y formación de primeros entrenudos y botones de las plantitas, para ello un plantín vigoroso, fuerte y con buena raíz, podría ayudar, además de las prácticas iniciales de riego, nutrición y manejo de sombra. Posteriormente, el manejo de la malla de sombra se vuelve

fundamental para el control de la temperatura y radiación mínima y máxima que requiere el cultivo. Si persisten los días nublados y/o fríos, la posibilidad de obtener una flor de no muy buena calidad y una deficiente polinización con la aparición de frutos deformes, es alta; por lo que se sugiere seleccionar aquellos materiales que respondan mejor a estas condiciones y de tener frutos deformes, retirarlos en los primeros estados de desarrollo.

El crecimiento vegetativo (brotes-entrenudos-tallos-hojas) es continuo, así como la floración y cuajado, con flujos marcados que van determinándose en “pisos” y definiéndose de alguna manera, con las podas y prácticas culturales. De igual manera, la dinámica de las variables climáticas hace que las evaluaciones de la fenología sean continuas y oportunas para los ajustes en el riego y la nutrición, evitando algunos desórdenes fisiológicos como:

- Pudrición apical o blossom-end-rot en fruta, originado por un deficiente traslado de calcio y este a su vez, por un estrés térmico posiblemente (Figura 40).
- Cracking o micropartidura de fruta, originado posiblemente por alta temperatura en fruta y ambiente, con un probable déficit hídrico. (Figura 41).
- Insolación o escaldado de fruta, que podría originarse por alta temperatura y radiación directa a la fruta, por lo que se sugiere un buen manejo de malla de sombreo y del área foliar.
- Fruta deforme, que podría originarse por una deficiente polinización, causada a su vez por condiciones de frío, falta de luminosidad o baja HR. (Figura 42).
- Punto negro o black spot o stip en fruta, origina probablemente por deficiencia de calcio o un desequilibrio en el nitrógeno amoniacal o niveles de potasio (Berríos et al, 2007). (Figura 43).



Figura 40. Fisiopatía blossom



Figura 41. Cracking en fruta madura



Figura 42. Black spot o stip. Fuente SQM



Figura 43. Fruto deforme polinización.

El riego se inicia desde antes del trasplante (machaco) y la fertilización, los días siguientes, evaluando el inicio de crecimiento radicular. El riego se mantiene hasta antes de la eliminación del cultivo y la fertilización se retira días antes de la última cosecha proyectada. El diseño de riego y fertirriego, para cada una de las formas a producir difiere en su estructura, materiales, equipos y operación, así tenemos que se puede instalar un riego presurizado por goteo para los pimientos en suelo o en fibra de coco enterrada, teniendo en cuenta el diseño agronómico y lo que ello implica (distanciamientos, lámina de riego diaria máxima, caudales, etc.) Para el diseño de riego en hidroponía además de los materiales y accesorios que difieren del anterior método, se requiere tomar en cuenta los ciclos o pulsos, volumen por ciclo y el período entre ciclo y ciclo a regar, esto basado en una reposición por acumulación de unidades de radiación por ejemplo. Además, se debería complementar el diseño con un sistema de recirculación del drenado (solución nutritiva drenada), que involucre desinfección (ultravioleta) y reutilización.

Se puede trabajar el fertiriego con soluciones nutritivas: vegetativa, media y solución generativa, aplicadas de acuerdo con el estado fenológico del cultivo y la respuesta de las plantas. Por ejemplo, la solución vegetativa se requiere para el inicio de la plantación, regulada siempre por la solución media y la generativa, cuando los entrenudos se alargan o hay predominancia de órganos reproductivos y/o maduración de la fruta. Se sugiere el uso de mesas de fertiriego y equipos automáticos para la obtención y aplicación de las soluciones, controlando el pH y la CE según los parámetros definidos.

Para el caso del agua de riego referencial de Motupe (Tabla 4), presenta una buena calidad respecto a pH y conductividad eléctrica, sin embargo, la presencia de bicarbonatos, cloruros y sodio, deben tenerse en cuenta para el balance de soluciones nutritivas.

AGUA		CATIONES (meq/L)							ANIONES (meq/L)						MICRONUTRIENTES (mg/L)					R.A.S.	CLASIFICACION FAO	
MUESTRA	pH	CE (ds/m)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Suma de cationes	NO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	Suma de aniones	B	Cu	Fe	Mn			Zn
Pozo 10 Gandules IRHS 504	7.01	0.67	3.55	1.52	<0.03	1.94	<0.01	7.01	0.13	<0.03	1.13	4.95	0.89	<0.03	7.10	0.12	<0.005	0.11	<0.02	0.04	1.22	C2S1

Figura 44. Análisis de agua de pozo subterráneo. Fuente ASISAC.

El aporte de nutrientes a través de las soluciones nutritivas puede iniciar con una concentración alta de nitrógeno 12milimol como NO₃⁻ y 0.5milimol como NH₄⁺, evitando la aplicación de NH₄ en hidroponía, sino hasta unas semanas después del trasplante. En general, el amonio no se recomienda en concentraciones altas, ya que induce al desarrollo vegetativo, entre otros efectos. El fósforo, puede mantenerse en 0.5-0.1milimol como H₃PO₄, aportando también para regular el pH y de ser necesario llevar a niveles de ligera acidez, complementar con HNO₃. El potasio puede incrementarse conforme avance el cultivo hasta unos 6milimol.

Problemas como obturación de goteros por distintas causas, deben ser identificados a tiempo para una rápida solución, utilizando ácidos o floculantes, según sea el caso. El uso del rizotron ayuda mucho para observar la evolución del desarrollo radicular, además de medir el % de drenaje y así ajustar el volumen de riego con la información que defina la lámina a reponer. También se pueden instalar tensiómetros y lisímetros.

El monitoreo y seguimiento nutricional se puede realizar a través de un programa de muestreos para analizar el déficit, exceso o estado óptimo de los elementos básicos como NPK, Ca, Mg y micronutrientes. Existe, por ejemplo, el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS en inglés), que lleva a obtener e interpretar valores muy cercanos a los que la planta internamente experimenta, es decir, utiliza base de datos de promedios óptimos para comparar los déficit o exceso que reflejan las hojas o fruta de la especie. En el caso del pimiento fresco en casa malla, el momento de muestreo para análisis nutricional, corresponderá al previo de aquel crítico de máxima demanda o en cada flujo floral concluido. Puede ser cada 2-3 meses.

3.3.5 Manejo integrado de plagas y enfermedades

Dentro de las plagas y enfermedades que pueden considerarse principales en el cultivo de pimiento y especialmente en la casa malla, tenemos a los nematodos (*Meloidogyne incognita*), la mosquilla de los brotes (*Prodiplosis longifila*) y *simmetryschema capsicum*.

El daño ocasionado por los nemátodos del suelo se visualiza desde estados iniciales de la plantación, teniendo como posibles transmisores o condicionante, el suelo o sustrato infestado respecto a la última campaña, el inóculo en el agua de riego, plantín y/o mecanización (Figura 44). Para el control integrado de nematodos, se tendría como puntos de soporte:



Figura 45. Plantas con síntomas de nematodos.

- Uso de variedades o híbridos con resistencia o tolerancia a estos patógenos de suelo.
- Producción en sustrato inerte (fibra de coco), o incorporación de materia orgánica (20-30 tm/há).

- Desinfección de suelo con Dicloropropeno+1,3Cloropicrina.
- Se puede emplear un paquete sanitario basado en un químico agresivo contra nematodos como “oxamylo” y serie de productos biológicos teniendo como activos a Micorrizas, Trichoderma, Paecilomyces y Bacillus.

En cuanto al control de la mosquilla de los brotes, teniendo el problema al interior, se utiliza principalmente productos químicos de amplio espectro y sistémicos, para evitar daño y secuelas (Figura 45 y 46).



Figura 46. Secuela daño prodiplosis



Figura 47. Daño de prodiplosis en fruto de pimiento

Como medida preventiva, antes del trasplante se puede “desinfectar” con leche en polvo, previniendo el ingreso de virus. Días después del trasplante se puede considerar Thiametoxam

(0.1kg/ha) para el control de mosca blanca y de ahí hacia adelante se aplica de acuerdo con las evaluaciones. También puede estar presente desde temprano el heliothis. Cuando la presencia de la mosquilla de los brotes (*Prodiplosis longifolia*) estuviera más fuerte puede combatir haciendo aplicaciones de Spirotetramate vía foliar, Imidacloprid vía sistema de riego, lavados con jabón potásico para eliminar adultos, colocando agua con detergente en las bandejas y cambiándoles el agua cada dos a tres días. Los controladores biológicos como *Crisoperla* y mosca tigre, criados en corredores biológicos (Figura 47). Las prácticas sugeridas forman parte de un MIP inicial, cuyo objetivo será migrar a un control integrado.



Figura 48. Corredor biológico.

Otra plaga que puede aparecer es el acaro hialino o blanco en focos para lo cual se puede aplicar Azufre polvo seco. También se puede colocar bandejas con melaza para monitorear y capturar adultos de heliothis.

Otras plagas: trips (Figura 48) y daño por roedores (Figura 49).

Si bien el uso de algunos pesticidas está permitido, al mismo tiempo está regulado a través de la lista oficial de plaguicidas y sus lmr's, haciéndose más estricto cuando los clientes presentan su propia lista y restricciones de uso. En general, las aplicaciones foliares o por sistema de riego de pesticidas, debe considerar una serie de premisas, dentro de ellas y la más importante es el impacto que estas tienen en la fauna benéfica que se maneja al interior de la casa malla y la inocuidad del ingrediente activo, reflejado en los residuos que deja en la fruta fresca. Una herramienta importante es obtener una propia curva de degradación de cada ingrediente

utilizado, de esta manera confirmamos o no lo indicado por la etiqueta, que muchas veces es genérico y referencial.



Figura 49. Daños roedores



Figura 50. Fruta afectada por trips

3.3.6 Labores culturales.

– Ratios

Las labores culturales realizadas en la casa malla tienen como objetivo proporcionar a las plantas un ambiente óptimo para su desarrollo, y esto abarca desde antes del trasplante con hasta el arranque de la plantación. Durante todo el ciclo de cultivo se debe considerar el control de clima, el manejo nutricional y de riego, control fitosanitario, podas y cosecha; labores que requieren de un personal capacitado.

El aprendizaje en las labores del cultivo de pimiento en casa malla es un proceso continuo desde los preparativos previos al trasplante hasta la eliminación de las plantas, pasando por trabajos de mejora en infraestructura y mantenimiento de estas, siendo muchas de las labores nuevas en la actividad agrícola cotidiana.

Como labores principales podemos tener:

- Aclareo de frutos, que consiste en quitar el primer fruto de la cruz de cada planta
- Podas y tutorados, tanto el sistema español y el holandés.

a) Tutorado holandés

Se inicia con la colocación de clips y 2 hilos de rafias en cada planta; la longitud de la rafia puede ser de 4.5m (Figura 50); cada persona en un inicio puede colocar a 250, llegando a colocar un máximo de 400 a 450 plantas por persona/día. Luego se dejan solo 2 tallos por planta e ir guiándolos con la rafia a medida que va creciendo la planta. Conforme el personal coge habilidad y la planta va creciendo, favorece la posición de trabajo el rendimiento yendo desde las 600 plantas/persona/día (1.5-1.7 m de altura) hasta las 150-200 plantas/persona/día, cuando llega a una altura de 2.0 m o más de altura. Este tipo de conducción permite una mejor distribución de la fruta, coloración por mayor exposición a la luz y evita los roces y deformación al contacto con la rafia.



Figura 51. Labores culturales. Guiado.

b) Tutorado español

Se puede utilizar 2 varillas de hierro de 16mm de diámetro y ancladas al suelo y al emparrillado de alambres en cada extremo de la línea de plantas. Luego se colocan 3 niveles de hilo rafia en cada línea de 50m equidistantes entre sí a 20cm. Se colocaría una rafia cada 4 plantas en forma vertical para luego colocar los ganchos para sostener la rafia que están en forma horizontal con un avance de 10 líneas de 50m persona/día. Se colocan los ganchos en la línea de rafia vertical igual cada 4 plantas a la distancia de 20 cm y uniendo de forma horizontal dos hilos paralelos. Hay que tener en cuenta que en la primera línea que está cerca al suelo no se coloca el gancho solo se unen las dos rafias. Conforme el cultivo va creciendo se colocan más líneas de rafia en forma horizontal cada 20cm. Este tipo de conducción requiere menos material, accesorios y mano de obra que el sistema holandés, aunque la fruta está más expuesta a daños físicos por rozaduras, deformación por contacto entre frutas y la con rafia, posible emboscamiento y falta de luz, etc.

- Acomodo de ramas, labor que consiste en meter las ramas que crecen por fuera de los hilos, esta labor se hace desde el inicio de colocado de ganchos cada 10 a 15 días de intervalo hasta que finaliza el desarrollo de crecimiento vertical con el corte de la punta apical.
- Limpieza de poda, que consiste en recoger los tallos que se quitan de las plantas.

- Deshoje, consiste en quitar al inicio las dos hojas después de la cruz de cada tallo para bajar la humedad relativa.
- Otras labores como retiro de frutos dañados, evaluaciones de riego y nutrición (CE, pH), tanto de los recipientes de gotero como de los lixiviados de drenaje en rizotrones.

3.4 Hidroponía en casa malla

Una alternativa para maximizar el potencial de la producción de pimientos frescos en casa malla, es el uso de sustrato e hidroponía, siendo uno de los objetivos, producir más tiempo pimientos frescos de mayor calidad exportable. Este sistema intensivo, permite mantener una cosecha casi 50 semanas, por lo que el sustrato utilizado, sistema de conducción, la variedad a cultivar y el manejo deberían estar orientado a este cultivo de largo aliento.

Se puede planificar módulo de casa malla de 0.5 há, cubiertas y conectadas por una estructura mayor (módulos de 4-5 há o más), 5-6 m de altura, malla de 50 mesh. El Sistema de conducción de tutorado sería el tipo holandés de preferencia.

Los caminos entre las líneas de siembra pueden ser de concreto o cubiertos por ground cover (cubre suelo), especialmente en zonas o épocas de lluvias. Se puede usar malla de sombreado blanca sobre el techo y paredes de casa malla, cuando los índices de radiación son altos (según estación), además de la malla de sombreado blanca interna. (Figura 51).

La diferencia sustancial entre la producción de pimientos en suelo/arena, sustrato enterrado, con un modelo hidropónico, estaría en el manejo de un riego y nutrición más preciso. La necesidad de mantener a la planta activa a través de soluciones nutritivas y un porcentaje de drenado, requiere de monitoreo permanente, tanto en la programación como en la ejecución.

Probablemente el sustrato más difundido para hidroponía de pimientos sería la fibra de coco en bolsa o saco de cultivo que, de acuerdo con la estrategia de siembra, densidad, variedad, etc., tendría las características y dimensiones, por ejemplo, medidas de 50x10x12 cm, con 1.2 kg, da un volumen de 20 litros libres; hasta 100x18x16 cm, con 2.5 kg, resultando un volumen de 40 litros libres. La durabilidad la daría el volumen y mezcla (entre 1-3 años). Compuesto por mezcla de distinta granulometría (fibra-chip), permitiendo un buen drenaje y estabilidad en el tiempo. El formato de bolsa de cultivo que se plantearía para el proyecto sería de 50x20x12 cm en una mezcla 70/30 (fibra/chip) Además del sustrato, es importante los accesorios y materiales

que acompañan la instalación y el mantenimiento del sistema, como plástico blanco/negro, etc. Se puede utilizar manguera blanca de 20 mm con gotero de pluma/flecha y caudal 3l/h, haciendo 12 l/h por cada tabla de fibra de coco.

Se sugiere utilizar un sistema de riego automatizado, que permita unir la operación con la información de la estación meteorológica, además un sistema de desinfección de solución de drenado de fertirriego, que se basa en el tratamiento con rayos ultravioleta de dicha solución con el fin de reutilización.

El riego se puede programar de acuerdo con niveles de radiación transmitido por estación meteorológica fuera de la casa malla (1 joule riega 1 ml x m²), llegando a regar entre 12-15 l por tabla de fibra de coco (50cmx12cmx20cm) que contiene 4 plantas, obteniendo un drenado de 35-40% en promedio, el cual es recuperado y reutilizado, previo análisis nutricional y desinfección por equipo de rayos ultravioleta. Con la recuperación del drenado se puede reducir los niveles de fertilización hasta en un 50%.

De acuerdo con el sistema de automatización utilizado, potencialmente se puede programar el riego en pulsos (30 pulsos/hora), pudiendo regar hasta 8 pulso por minuto, esto asegura la permanencia de la solución nutritiva, baja temperatura el sustrato y una planta activa. Sin embargo, esta capacidad de riego puede estar limitada por el costo. Acercarse a un riego cada 5-10 minutos, permitiría darle a la planta la disponibilidad hídrica en los momentos críticos (9 a 4pm). El color blanco del plástico para el drenaje y cobertura, así como las mangueras de riego, son de color blanco, para controlar la temperatura del agua y sustrato

El período vegetativo puede durar 49-50 semanas del año, prolongándose la cosecha aprox. 38 semanas, alcanzando un rendimiento proyectado de 22 kg/m² o 220 tm/há.



Figura 52. Sistema hidropónico

3.5 Cosecha y postcosecha

Para una calidad óptima de pimiento fresco en destino (Figura 52), la cosecha se puede iniciar a los 80 días después de la siembra (dds) recolectando frutos de color, con 75% de rojo (amarillo o naranja) y 25% de verde. También puede cosecharse en verde maduro, que podría iniciarse a los 65-70 dds. El procedimiento de cosecha implica una recolección manual de acuerdo con un programa preestablecido y que debería considerar la cantidad (kg) a cosechar, las horas de cosecha al día (de preferencia no cosechar en horas de alta temperatura o radiación), materiales y equipos de cosecha (jabas-carritos cosecheros), distancia de la casa malla al packing, tiempo máximo para ingreso de la fruta a frío o refrigeración, etc. Los ratios de cosecha varían desde 400-500 kg/persona/día hasta 200-250 kg/persona/día, dependiendo de los picos o pisos de cosecha por semana.

El fruto es muy sensible a la deshidratación (Figura 53) y ablandamiento, por lo que se sugiere el tiempo máximo desde cosecha a cortar el “calor de campo” sea el menor posible (no > a 4h), Además, evitar la sobre maduración, que acarrea la aparición de puntos en la piel (pitting) y baja la calidad exportable. De acuerdo con la variedad (híbrido) seleccionada, se tendrá una distribución de calibres: Medium-M (80g), Large-L (90g), Extralarge-XL (105g), Jumbo (115g), Jumbojumbo (>120g), buscando una distribución comercial óptima: 85% J-XL y 15%L. Los pimientos son seleccionados (Figura 54) y empacados de acuerdo con el xcolor y calibre, pudiendo utilizar bolsas de atmósfera modificada, en cajas de 5kg o 10 kg.



Figura 53. Pimientos con calidad óptima



Figura 54. Pimiento deshidratado



Figura 55. Proceso de selección

3.6 Principales mercados y consumidores

Bell pepper o Sweet pepper o pimiento morrón fresco, es una de las hortalizas más consumidas y sus propiedades lo convierten en un alimento muy importante en la dieta diaria. Se cuentan con frutos no picantes de diferente color como rojo, amarillo, anaranjado y verde, entre los principales. (Figura 55, 56, 57 y 58).

El consumo aparente de estos pimientos en el mercado americano (EE.UU.), puede llegar a más de 1,000 tm/año, con un consumo per cápita de 5kg/persona/año aprox. La producción nacional se sitúa principalmente en la costa este (Florida) y costa oeste (California), con una estacionalidad que va de mayo a septiembre.

La ventana comercial para el ingreso de pimientos frescos en casa malla de Perú a EE.UU. puede darse entre octubre y marzo; sin embargo, considerando la producción tanto en suelo e hidroponía, esta oferta puede extenderse hasta 38 semanas de cosecha, siendo los principales competidores los pimientos de casa malla producidos en Centroamérica, México y Europa. Los costos de transporte serán siempre una desventaja respecto a los competidores mas cercanos, sin embargo, la calidad debería ser una de las fortalezas del pimiento fresco peruano de casa malla en suelo o hidroponía.



Figura 56. Pimientos frescos empacados



Figura 57. Pimientos frescos de casa malla en anaquel



Figura 58. Pimiento fresco verde en anaquel



Figura 59. Pimiento rojo fresco en anaquel

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producir hortalizas frescas bajo condiciones controladas como en casa malla e hidroponía, puede convertirse en una actividad agrícola accesible y rentable, teniendo en cuenta la curva de aprendizaje y requisitos indispensables para resultados óptimos. Sin embargo, siendo una actividad relativamente nueva y poco desarrollada en el país, enfrenta retos y limitaciones que a continuación describimos, así como las alternativas de solución:

- Escasa disponibilidad de tecnología en el medio que limita y encarece el inicio de módulos piloto con fines experimentales o comerciales a pequeña y mediana escala. Además, como esta actividad está dirigida principalmente a la exportación, en una primera etapa puede estar ligado a módulos que permitan obtener productos con valor agregado para mercado local (orgánico) y con altos rendimientos (kg/há).
- La falta de mano de obra especializada y una alta rotación del personal, puede convertirse en uno de los factores limitantes para el desarrollo de la actividad. La adecuada y oportuna capacitación, con ratios aceptables, puede fidelizar al personal que verá mejor retribuido su trabajo diferenciado.
- Materiales e insumos escasos que, junto con la poca tecnología desarrollada en el país, suman a un lento proceso de inicio de la actividad, así como para el mantenimiento de los cultivos. La transferencia de tecnología a través del contacto de instituciones u organismos especializados con empresas líderes en la agricultura protegida puede dinamizar y facilitar el acceso de agricultores locales.
- Manejo agronómico que requiere de planificación y ejecución de labores con alta precisión. Si bien las tareas son comunes a las desarrolladas en campo abierto, las condiciones controladas dentro de la casa malla y en sustrato tipo fibra de coco, se requerirá de evaluaciones precisas en riego y nutrición principalmente, con el apoyo de equipos sofisticados de medición.
- La sanidad tiene mucho que ver con la cultura del personal para un ordenado y restringido acceso a la casa malla. La aparición de la mayoría de las plagas dentro del recinto, se dan por el flujo del personal en las distintas labores, por lo que una concienzuda y oportuna capacitación, será determinante para evitarlas. Además, está

La posibilidad del uso de insectos y organismos biológicos benéficos.

- Dado lo especial de las condiciones climáticas de la zona (trópico seco) y no contar con una genética específica, la dirección técnica capacitada y el plan de labores agrícolas, resultarán fundamentales para el logro de los objetivos agronómicos y comerciales respectivamente.
- Las labores de cosecha y postcosecha son los últimos y pueden llegar a ser los más importantes puntos de quiebre para la obtención de resultados óptimos según los objetivos trazados. Una buena cosecha y mejor postcosecha supone fecha y horas planificadas con evaluaciones periódicas de madurez y clima. En el caso de exportación, el tratamiento dado a la fruta en los procesos de selección, almacenaje, y travesía, será fundamental para mantener las condiciones organolépticas.
- El mercado natural para los pimientos frescos producidos en casa malla e hidroponía, es Estados Unidos, habiendo otros mercados competitivos en la región (Chile, Argentina, Uruguay, etc.). La oferta peruana a las empresas importadoras y comercializadoras en EEUU debe ser sostenida, por lo que se requiere de un proceso lento pero seguro, hasta alcanzar una fruta diferenciada con alto valor.

V. CONCLUSIONES

- Se ha descrito el proceso de producción de hortalizas frescas bajo condiciones de casa malla, tanto en suelo, suelo y sustrato mezclado e hidroponía; mostrando la viabilidad agronómica con el uso de distintas tecnologías.
- Las variables y condiciones agroecológicas (clima, suelo, agua, planta), durante el desarrollo de los cultivos instalados en casa malla, con énfasis en el pimiento fresco (*capsicum annuum* var. *annuum*), impactan y son determinantes para el diseño y manejo agronómico.
- El manejo agronómico de hortalizas frescas en casa malla, con énfasis en el cultivo de pimiento fresco, está basado en prácticas de riego, nutrición y sanidad específicas a agricultura protegida, siendo importante el uso de equipos y herramientas tecnológicas de precisión.
- La costa norte del Perú, especialmente la zona del valle de Motupe-Lambayeque, presenta las condiciones climáticas adecuadas para alcanzar buenos rendimientos y alta calidad exportable de pimientos frescos bajo casa malla; tanto en suelo como en hidroponía.
- De las variables climatológicas para tener en cuenta en la producción de pimientos frescos bajo casa malla; la temperatura, humedad relativa y radiación son las que más influyen en el manejo agronómico y resultados, pudiendo ser controlados.
- La agricultura protegida en general y específicamente la producción de pimientos frescos en casa malla, es una actividad relativamente nueva y poco difundida en esta zona del país, por lo que la tecnología y estrategia a aplicar, toma como referencia modelos de explotaciones comerciales de países como España, México, Canadá, etc.
- La estructura, el diseño agronómico y los sistemas de conducción a instalar, resultan del análisis previo de las condiciones de la zona, tecnología utilizada y material genético a producir. Además, la capacitación continua al personal es un factor determinante para lo específico e intensivo de las labores.
- La producción de hortalizas frescas en casa malla, permite obtener frutos desde “cero residuos” hasta una carga mínima de agroquímicos, ya que puede aplicarse un manejo

integrado de plagas y enfermedades de manera eficiente y sostenido, con importante participación del control biológico.

- La hidroponía es una alternativa viable de producción de pimientos frescos en casa malla, que involucra el uso de insumos, equipos y herramientas de precisión; obteniendo alto rendimiento y calidad, ya que se maximiza el uso de los recursos y el potencial genético de las plantas.
- Las características y calidad de los pimientos frescos producidos en casa malla con fines de exportación, responden a las exigentes especificaciones técnicas y requerimientos del mercado, siendo EEUU uno de los destinos objetivo de la producción peruana.

VI. RECOMENDACIONES

- Los momentos críticos para la producción y/o cosecha de los pimientos frescos con referencia a las variables climatológicas, podrían darse en los meses de mayor temperatura, baja humedad relativa y alta radiación (verano), por lo que se debe elaborar una estrategia basada en el manejo de malla de sombreo (radiación-temperatura), buen provisionamiento de calcio, foggers o humidificadores, entre otros.
- El riego y la nutrición en la producción de pimientos frescos, tanto en suelo, sustrato + suelo, como en hidroponía; debe obedecer a una permanente evaluación de los parámetros climáticos seleccionados (evapotranspiración, radiación, luminosidad, etc.); volumen de solución drenada en caso de hidroponía; etc. La sanidad dentro de la casa malla es un hito muy importante en el manejo agronómico y el control integrado una cultura dentro y fuera de la casa malla.
- La capacitación del personal es fundamental para la ejecución de labores de manera oportuna y eficaz. Los sistemas de conducción obligan a una curva corta de aprendizaje y mantener el mismo personal con ratios óptimos.
- La hidroponía demanda una mayor inversión y atención al cultivo en casa malla, por el nivel de tecnología y control, sin embargo, los resultados en rendimiento y calidad pueden ser superiores al manejo convencional en suelo, por lo que se sugiere el modelo de producción en bolsas de fibra de coco, con un sistema de riego más soluciones nutritivas, manejando el volumen de drenado como uno de los parámetros a controlar y medir.
- La producción de pimientos frescos en casa malla, tiene el valor agregado que confiere la agricultura protegida, pudiendo calificar para mercados internos y externos, exigentes en calidad e inocuidad.
- La calidad de la fruta tiene un componente de campo y otro cosecha -postcosecha. El control de la temperatura y otras variables en cada etapa será fundamental para mantener íntegra la firmeza y apariencia de la fruta.

- Lograr una cosecha de calidad exportable mínima (12-14 kg/m² en suelo y 20-22 kg/m² en hidroponía)
- Capacitar al personal en las labores propias al cultivo intensivo en invernadero para conseguir especializarlo, con los beneficios que ello implica.
- Validar el uso y viabilidad del sustrato de fibra de coco tanto incorporado en suelo como en bolsa (hidroponía), así como su rentabilidad debido a un aumento de producción y calidad.
- Desarrollar los sistemas de conducción español y holandés, diferenciando su producción, calidad de fruto y costo en mano de obra.
- Control integrado de plagas, para una fruta de calidad, sana y sin residuos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AgroNegociosPerú (2021). *Invernaderos peruanos producen 5 veces más y son la alternativa para pequeños productores.*

<https://agronegociosperu.org/2021/09/20/invernaderos-peruanos-producen-5-veces-mas-y-son-la-alternativa-para-pequenos-productores/>

Alarcón, A. (2006). Fertirrigación del pimiento dulce en invernadero. Capítulo 5. Compendios de horticultura.

Alarcón, A. (2013). Introducción a los cultivos sin suelo: Principales sustratos de cultivo. Módulo 12. I Master en Tecnología para Cultivos de Alto Rendimiento. Dpto. Ciencia y Tecnología Agraria. Área Edafología y Química Agrícola. ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena (MURCIA).

Baille, A. y Gonzáles-Real, M. (2013). Estructuras de invernaderos y materiales de cubierta. Módulo 16. I Master en Tecnología para Cultivos de Alto Rendimiento. Área de Ingeniería Agroforestal ETSIA, Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena (Murcia).

Bastida, A., (2017). Evolución y situación actual de la agricultura protegida en México. Sexto Congreso Internacional de Investigación de Ciencias Básicas y Agronómicas. 281-294.

Berríos, M.; Arredondo, C.; Tjalling, H., (2007), CropKit. Guía de manejo de Nutrición Vegetal de especialidad pimiento. SQM.

Castillo J.; (2006) Avances en el manejo integrado de prodiplosis longifila en el cultivo del espárrago. IPEH.

García, C.; Cespedes, A.; Perez, J.; Lorenzo, P.; (2016). El sistema de producción hortícola protegido de la provincia de Almería. Junta de Andalucía.

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. IFAPA.

INTAGRI. (2020). Sistemas de Tutorado en Pimiento bajo Cubierta. Serie Horticultura Protegida, Núm. 40. Artículos Técnicos de INTAGRI. México.
<https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/sistemas-de-tutorado-en-pimiento-bajo-cubierta>.

Lopez-Marin, J.; Angosto, JL.; y Gonzales, A. (2017). El cultivo de pimientos en invernadero y al aire libre. El caso del campo de Cartagena. Biblioteca Horticultura.

Junta de Andalucía, (2015) Reglamento específico de producción integrada de cultivos hortícolas protegidos: Tomate, pimiento, berenjena, judía, calabacín, pepino, melón y sandía. Boletín oficial de la Junta de Andalucía. Boletín N° 248.
<http://juntadeandalucia.es/boja/2015/24814>

Moreno-Pérez, E.; Sánchez del Castillo, B.; Vásquez S.; González-Molina L., Montalvo-Hernández, D.; Art. Huerto comercial hidropónico: Una alternativa de producción de hortalizas en invernadero. Revista Agro Productividad. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo.

Narrea, M. (2012). Manejo integrado de plagas en el cultivo de ají. Guía técnica. Universidad Nacional Agraria La Molina. UNALM. Agrobanco.

Olmo Oxayacatl (2018). ¿Qué son la casa sombra? Blog Agricultura.
<http://blogagricultura.com/?s=casa+sombra>.

Paz, V. (2011). Plagas del pimiento. Grupo THM.
www.poscosecha.com/es/publicaciones/

Potree, J.; Luczynski, A.; (2005). Growing Greenhouse Peppers in British Columbia A production guide for commercial growers. BC Greenhouse Growers' Association.

Qampo (2017). Cultivos protegidos e invernaderos. www.qampo.es/blog/

Resh, H. (2013). Hydroponic food production. A definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. Seventh edition. CRC Press. Taylor and Francis Group.

Syngenta.es (2022). Oidiopsis en pimiento.

<https://www.syngenta.es/cultivos/pimiento/enfermedades/oidiopsis>

Zamora, E. (2016). Algunas fisiopatías de frutos, tallos y hojas en cultivos protegidos.

Departamento de agricultura y ganadería. Universidad de Sonora. México

ANEXOS

Anexo 1. Costos de pimiento fresco en casa malla

COSTO DE PRODUCCION 01 HECTAREA DE PIMIENTOS FRESCOS EN CASA MALLA			
Costo	Labor	Componentes	US\$/Ha
☐ Directo	☐ 1.- Preparación de Terreno	Mano de Obra	1,400
		Maquinaria	500
	☐ 2.-Siembra	Fertilizante de fondo	-
		Mano de Obra	1,200
		Maquinaria	50
		Materia Orgánica	-
	☐ 1.- Labores Cult.	Plantines	11,000
		Mano de Obra	12,000
	☐ 2.- Sanidad	Maquinaria	-
		Pesticidas	3,500
		Herbicidas	-
	☐ 3.- Malezas	Mano de Obra	1,300
		Maquinaria	-
Agua		1,350	
☐ 4.- Fertirriego	Fertilizantes	9,500	
	Mano de Obra	2,000	
	Maquinaria	-	
	Materiales	2,800	
☐ 4.- Cosecha	Mano de Obra	9,000	
	Maquinaria	-	
	Flete	1,400	
Total Directo			61,000
☐ Indirectos	☐ 1.-Produccion	1.-Producción-Depreciación	8,000
	☐ 2.-Servicios generales	3.-SSGG	750
Total Indirectos			8,750
Total general			69,750

Rendimiento Kg	140,000.00
Costo USD x Kg	0.50