



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
ESCUELA DE POSGRADO

Caracterización de la capacidad de innovación de los actores involucrados en los sistemas de producción de hortalizas bajo ambiente controlado, en la Región Trifinio (Honduras, Guatemala y El Salvador)

Por

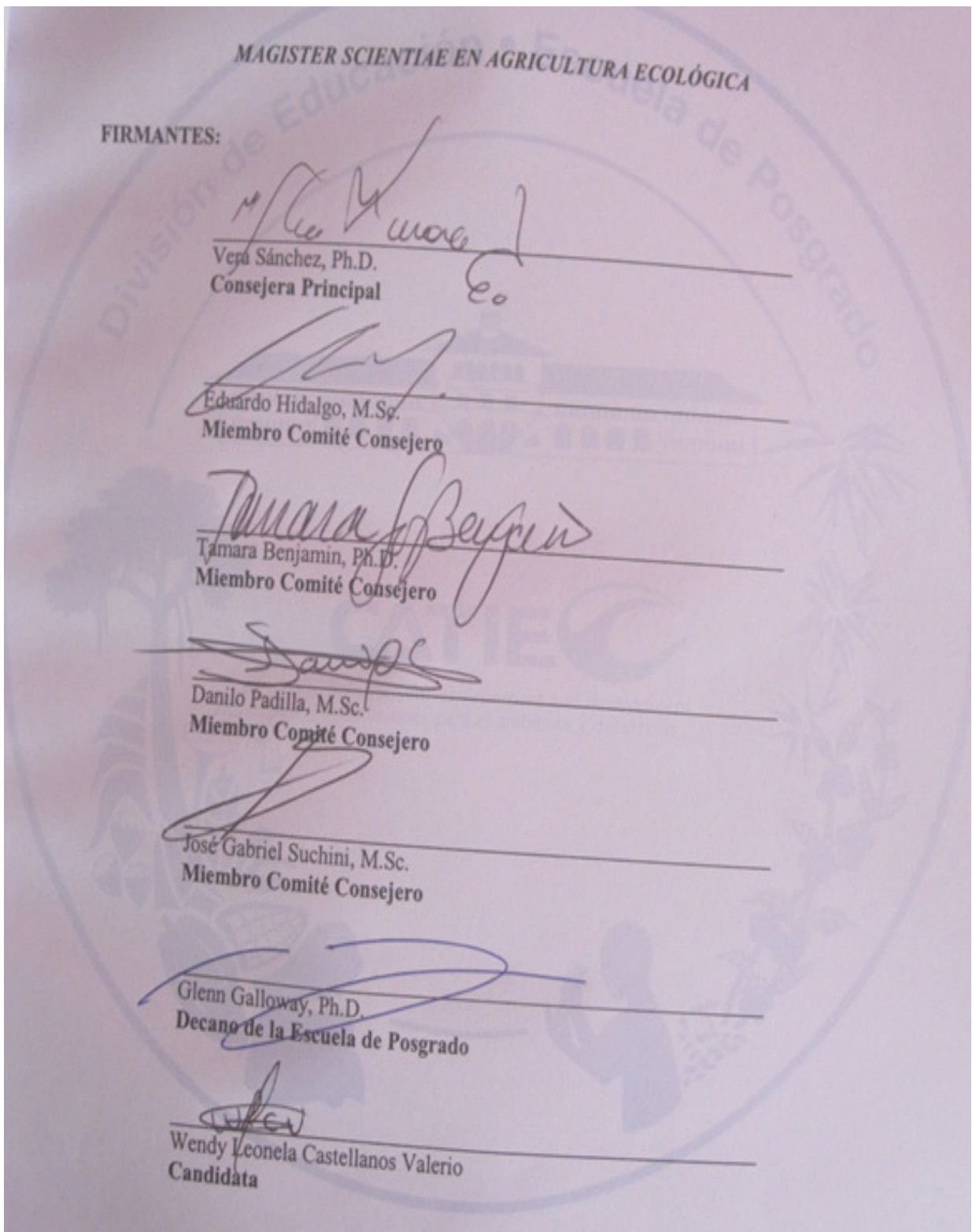
Wendy Leonela Castellanos Valerio

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado
como requisito para optar por el grado de

Magister Scientiae en Agricultura Ecológica

Turrialba, Costa Rica, 2009

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:



DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía en todo momento y porque gracias a él soy todo lo que soy

A mis padres Rosa y Diego

A mis hermanos Ingrid, Lucia y José

A mis primos Marlon, Kennya, Dina y Alicia, que también son como mis hermanos

A mis sobrinos, Carmen Alejandra, Diego Alejandro, Víctor Hernán y Oswaldo

José

Y a toda mi gran familia

AGRADECIMIENTOS

A mi profesora consejera Ph.D. Vera Sánchez por sus consejos, su paciencia y tiempo dedicado a mi trabajo. Pero sobre todo por su valiosa amistad y ejemplo a seguir como profesional

A los miembros del comité:

Danilo Padilla y Gabriel Suchini, por su amistad, apoyo y asesoramiento durante el desarrollo de este estudio. A Tamara Benjamin y Eduardo Hidalgo, por sus aportes en la revisión de este documento

Al proyecto CATIE-Innovaciones por el financiamiento de mi trabajo de tesis.

A Jaime Torres (FINTRAC), por su apoyo y amistad durante la fase de campo.

Al equipo técnico del proyecto CATIE-Riego Sostenible: Orlando, Numa, Juan José, Héctor y Guadalupe, por la amistad compartida durante la fase de campo.

A los productores Elmer Cardoza, Enrique Landaverde, Eleazar Hernández y José Fuentes, por la colaboración y la información brindada para el desarrollo de este estudio.

A todos mis compañeros de promoción con los que compartí dos años de mi vida llenos de experiencias incomparables e irrepetibles

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	VIII
SUMMARY.....	IX
ÍNDICE DE CUADROS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos del estudio.....	2
1.2 Preguntas del estudio.....	3
2 MARCO CONCEPTUAL.....	4
2.1 Antecedentes de la producción bajo ambientes protegidos.....	4
2.2 Cultivos bajo ambiente controlado.....	5
2.2.1 Ventajas de la producción bajo ambiente controlado.....	5
2.2.2 Desventajas de la producción en ambiente controlado.....	6
2.3 El diseño de estructuras para la producción en ambiente controlado.....	8
2.4 Manejo de plagas y enfermedades en los cultivos en ambientes controlados.....	10
2.4.1 Principales plagas y enfermedades en cultivos en ambiente controlado.....	11
2.5 Innovación agrícola.....	14
2.5.1 Sistemas de innovación agrícola.....	16
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1 Localización y características del área de estudio.....	18
3.2 Marco metodológico.....	20
3.3 Primera fase de la investigación: estado actual de la producción en ambiente controlado en la Región Trifinio.....	20
3.4 Segunda fase de la investigación: caracterización del sistema de innovación de la producción en invernadero en San Ignacio-La Palma, El Salvador.....	22
3.4.1 Identificación y caracterización de los proveedores de servicio, que participan en el sistema de innovación.....	22
3.4.2 Caracterización de los productores.....	23
3.4.3 Caracterización de las estructuras de invernaderos.....	24
3.4.4 Caracterización del sistema de producción dentro de los invernaderos.....	25
3.4.5 Análisis estadísticos.....	26
3.5 Tercera fase de la investigación: seguimiento a productores típicos del sistema de producción hortalizas en invernadero.....	26
3.6 Análisis de la información.....	29
3.7 Diseño de una propuesta para aprovechar el conocimiento y la capacidad de innovación de los actores involucrados en los sistemas de producción bajo ambiente en la zona de San Ignacio-La Palma como alternativa para lograr el cultivo de hortalizas limpias en la región de Trifinio.....	30

4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1	Caracterización del estado actual y uso de tecnologías en los sistemas de producción en ambiente protegido en la Región Trifinio.....	31
4.1.1	Estado actual del uso de la tecnología de ambiente controlado en las cuatro diferentes zonas	32
4.1.2	Selección de la zona de estudios y de la tecnología de ambiente protegido prevaleciente en la zona.....	38
4.2	Sistema de innovación y estado del conocimiento agrícolas en producción invernaderos en San Ignacio-La Palma	39
4.2.1	Caracterización de los productores de hortalizas en invernaderos	39
4.2.2	Caracterización de los proveedores de servicios que tienen o podrían tener influencia en sistema de innovación de la producción bajo ambientes protegidos	40
4.2.3	Interacciones y vínculos entre los proveedores de servicios y los productores...43	
4.2.4	Caracterización del sistema de innovación en invernaderos	44
4.3	Gestión del conocimiento según las fuentes de información en el sistema de innovación	46
4.3.1	Clasificación de las fuentes de información según sea de asistencia técnica o de información.....	46
4.3.2	Frecuencia y uso de las fuentes de información	47
4.3.3	Fuentes de información sobre producción convencional y orgánica que utilizan los productores.....	49
4.4	Capacidad de innovación agroecológica para producción en invernadero.....	50
4.4.1	Criterios de selección del cultivo de siembra	50
4.4.2	Criterios de selección de la época de siembra	51
4.4.3	Criterios de selección de variedades.....	52
4.4.4	Manejo del agrosistema en el invernadero	53
4.4.5	Problemas fitosanitarios y métodos de control utilizados	56
	4.4.5.1 Principales plagas en los cultivos en invernadero en San Ignacio-La Palma	56
	4.4.5.2 Principales enfermedades en los cultivos en invernadero en San Ignacio-La Palma.....	59
	4.4.5.3 Principales plagas y patógenos presentes en el suelo en invernaderos en San Ignacio-La Palma	62
4.4.6	Índice de salud de los cultivos en invernadero	63
4.4.7	Índice de salud del suelo en los invernaderos de san Ignacio-la Palma	64
4.4.8	Manejo de la polinización de los cultivos bajo ambiente controlado.....	66
4.5	Limitantes y oportunidades para los sistemas de producción en invernadero.....	67
4.5.1	Oportunidades y limitantes para el manejo agroecológico de los cultivos.....	68
4.5.2	Producción bajo ambiente controlado en relación a campo abierto	70
4.5.3	Comercialización de la producción	72
4.5.4	Condiciones microclimáticas dentro de la estructura	73
4.5.5	Uso apropiado de la tecnología	74

4.6	Diseño de una propuesta para aprovechar el conocimiento y la capacidad de innovación de los actores involucrados en los sistemas de producción bajo ambiente en la zona de San Ignacio-La Palma como alternativa para lograr el cultivo de hortalizas limpias en la región de Trifinio	78
4.6.1	Justificación	78
4.6.2	Estrategias de intervención de la propuesta.....	80
4.6.3	Objetivos de la propuesta	83
4.6.4	Resultados esperados e indicadores de la propuesta	84
5	CONCLUSIONES.....	86
6	RECOMENDACIONES	87
7	BIBLIOGRAFÍA	88
	ANEXOS.....	98

RESUMEN

Castellanos Valerio, W.L. 2009. Caracterización de la capacidad de innovación de los actores involucrados en los sistemas de producción de hortalizas bajo ambiente controlado, en la Región Trifinio (Honduras, Guatemala y El Salvador). Tesis M.Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 112 p.

Palabras clave: Capacidad de innovación, Región Trifinio, Sistemas de innovación, Producción en ambiente protegido.

El presente estudio se llevó a cabo en la Región Trifinio, frontera compartida por los países de Honduras, Guatemala y El Salvador, en cuatro zonas con condiciones agroecológicas, socioeconómicas y políticas diferentes. La investigación se basó en las herramientas de la metodología RAAKS (Análisis Rápido de los Sistemas de Conocimientos Agrícolas), a la vez que se desarrolló en un proceso de tres fases, de las cuales el producto de una fase daba las pautas para tomar las decisiones de la siguiente fase. Se caracterizó el estado actual de la tecnología de ambiente controlado en la región, como resultado de esta se determinó que las tecnologías utilizadas son telas cobertoras, microtúnel, macrotúnel, casa malla e invernadero; estas son estructuras de bajo costo, orientado a controlar la precipitación y/o la entrada de plagas. El invernadero es la tecnología más utilizada y donde más se ha desarrollado es en los municipios de San Ignacio y La Palma. En esta zona se caracterizó el sistema de innovación para la producción en invernadero, objetivos de los actores y los vínculos entre estos. Además se obtuvo información sobre la capacidad de innovación para la producción agroecológica y se identificaron las principales oportunidades y limitantes para la producción en invernaderos. En San Ignacio-La Palma los actores predominantes del sistema de innovación son los proveedores de servicio y los productores. Sin embargo, son pocas las interacciones de manera que afecta negativamente el intercambio de información y aprendizajes. Probablemente debido a que no existe una política de desarrollo local que logre integrar y establecer alianzas estratégicas para la participación de los diferentes actores. No obstante, entre las oportunidades encontradas es la reducción sustancial de la cantidad de plaguicidas en un 50-75% en relación a campo abierto. Aun que no tienen mercado fijo ni diferenciado, el periodo alargado del cultivo y la reducción de efectos de plagas y enfermedades, aumentan el rendimiento y amortigua los efectos de la variabilidad de diferentes precios, obteniendo una relación B/C de 2.2 en el primer año de producción. En cuanto a las limitantes se pueden mencionar que la capacidad de innovación agroecológica de los productores es limitada. Estos no cuentan con fuentes de información relacionada. Además de poco conocimiento en relación a la salud y fertilidad del suelo, alternativas no químicas al manejo de plagas y enfermedades, así como también con respecto a ecología y biología de estas en relación al manejo de las condiciones microclimáticas de la estructura. La falta de organización de los productores que puede afectar la gestión de conocimientos y otros beneficios de la organización. Basándose en lo anterior este estudio lleva una propuesta para aprovechar el conocimiento y la capacidad de innovación de los actores involucrados en los sistemas de producción bajo invernadero en la zona de San Ignacio-La Palma como alternativa para lograr el cultivo de hortalizas limpias en la región de Trifinio

SUMMARY

Castellanos Valerio, W.L. 2009. Characterization of the innovation capacity of the players involved in the production system of vegetables under a controlled environment, at the Trifinio Region (Honduras, Guatemala, and El Salvador). M.Sc. Thesis Work, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 112 p.

Key Words: Innovation Capacity, Trifinio Region, Innovation Systems, Production in protected environment.

This study was conducted at the Trifinio Region, located at the border shared by the countries on Honduras, Guatemala, and El Salvador, in four different zones with diverse agro-ecologic, socioeconomic and political conditions. The investigation was based on RAAKS methodology tools (Quick Analysis of the Agriculture Knowledge Systems, derived from its initials in Spanish – *Análisis Rápido de los Sistemas de Conocimientos Agrícolas*), and was developed in a process of three phases. The results obtained in one phase were used as the base for making decisions for the following phase. The current state of technology used in controlled environment in the region was characterized, and as a result, it was determined that the technologies used are fabric covers, micro tunnel, macro tunnel, mesh house, and greenhouse; all of which are low cost structures, oriented to control the precipitation and/or the attack of pests. The greenhouse is the most frequently used technology and it was found more developed in the communities of San Ignacio and La Palma. It was also determined in this zone the innovation for the production in greenhouses, objectives of the players and the links between them. Furthermore, information was collected about the capacity of innovation for the agro-ecological production and the main opportunities and constraints for the production in greenhouses were identified. In San Ignacio-La Palma, the predominant players in the innovation system are the service suppliers and the producers. However, the interactions between them are limited, which negatively affects the exchange of information and the learning process, probably due to the lack of a local development policy to integrate and build strategic alliances for the participation of the different players. Nevertheless, among the opportunities found, there is the substantial reduction of the amount of pesticides en a 50 – 75 percent relation on open field. Although they do not have a permanent nor a differentiated market, the long period of cultivation and the reduction of the effects of pests and diseases, increase the production and muffles the effects of the variability of different prices, obtaining a relation B/C of 2.2 during the first year of production. As for the constraints found, the investigation reveals that the agro-ecological innovation capacity of the producers is limited, since they do not have sources of related information; they have little knowledge about the health and fertility of soil, non-chemical alternatives for handling pests and diseases, and about ecology and biology and the relation of these with managing the microclimate conditions of the structure; and the lack of organization of the producers that can directly affect the knowledge management and other organizational benefits. Based on the above, this study contains a proposal for taking advantage of the knowledge and innovation capacity of the players involved in the production in greenhouse systems at the zone of San Ignacio- La Palma as an alternative to achieve a clean production of vegetables in the Trifinio Region.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Criterios establecidos para evaluar las tecnologías de ambiente protegido predominantes en la Región Trifinio	21
Cuadro 2. Productores de chile y tomate bajo invernadero en diferentes etapas fenológicas, con diferentes estructuras de invernadero a determinada altura sobre el nivel del mar, a quienes se les dio el seguimiento en la finca durante la tercera fase de la investigación.....	27
Cuadro 3. Características de los diferentes tipos de tecnologías para la producción bajo ambiente controlado, presentes en la Región de Trifinio	31
Cuadro 4. Grado y porcentaje asignado a cada zona según el cumplimiento de los criterios de evaluación del estado actual del uso de la tecnología en ambiente controlado prevaleciente el cada una de las zonas.....	38
Cuadro 5. Porcentajes de productores en invernaderos organizados y no organizados, Según entrevista con los productores	40
Cuadro 7. Relación y nivel de coordinación entre los proveedores de servicios y los productores de invernadero en San Ignacio-La Palma	43
Cuadro 8. Relación entre las variables de manejo del cultivo dentro del invernadero y las fuentes de información a las que acuden los grupos de productores, 1= fuente convencional y 2=fuentes convencional y orgánica	50
Cuadro 10. Prácticas agroecológicas incorporadas por los productores para el manejo de los cultivos bajo invernadero, en San Ignacio-La palma.....	55
Cuadro 11. Principales problemas fitosanitarios en la producción bajo invernadero y el porcentaje de uso de los tipos de controles, según las experiencias de los productores	56
Cuadro 12. Fuentes de financiamiento utilizadas por los productores para la construcción de las estructuras.....	67
Cuadro 13. Resumen de limitantes y oportunidades que presenta el manejo agroecológico (MA) de los cultivos para los productores de agricultura protegida en San Ignacio-La Palma. Entrevista con productores	69
Cuadro 14. Ventajas de la producción bajo estructuras de invernadero en relación a la producción a campo abierto, según las experiencias vividas por los productores que manejan estos sistemas.....	70

Cuadro 15. Desventajas de la producción bajo estructuras de invernadero en relación a la producción a campo abierto, según la experiencia los productores que manejan estos sistemas.....	71
Cuadro 16. Mercados utilizados por los productores para la comercialización de la producción de tomate bajo invernadero en San Ignacio-La Palma	73
Cuadro 17. Variación de la temperatura y humedad relativa tomadas en las hora de la mañana, mediodía y la tarde, en tres invernaderos con dos diferentes tipos de estructura IP= Plano, IC= Capilla, cultivados con chile y tomate, a diferente altitud	74
Cuadro 18. Cantidad y tipo de fertilizantes utilizados por los productores en la elaboración de soluciones nutritivas para la fertilización diluida a través del riego a los cultivos bajo invernadero en San Ignacio-La Palma.....	76
Cuadro 19. Limitantes encontradas para la producción agroecológica, en cultivos bajo invernadero en San Ignacio-La Palma, y las estrategias de intervención para obtener cambios y fortalecer la capacidad de innovación	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio en la Región Trifinio, 2009.....	18
Figura 2. Sistemas protegidos utilizados en Sinuapa-Ocotepeque, Ocotepeque, Honduras. ...	33
Figura 3. Invernaderos tipo parral utilizados en Jocotán-Camotán, Chiquimula, Guatemala.	35
Figura 4. Casa malla utilizados en Jocotán-Camotán, Chiquimula, Guatemala	36
Figura 5. Sistemas protegidos utilizados en San Ignacio-La Palma, Chalatenango, El Salvador.....	37
Figura 6. Sistema de innovación de producción de hortalizas en invernadero impulsado por el donante, en San Ignacio-La Palma. Adaptado de Engel 2002.....	45
Figura 7. Fuentes de información que utilizan los productores de hortalizas bajo invernadero en San Ignacio-La Palma. Donde fuente más importante y más frecuentemente usada, se representa como un anillo inmediato al círculo que representa al productor, y las que se representan en anillos más distantes son las los productores consideran de menor importancia y utilizan con poca frecuencia	48
Figura 8. Fuentes de información que utilizan los proveedores de servicios de hortalizas en San Ignacio-La Palma. Donde la fuente más importante y más frecuentemente usada, se representa como un anillo inmediato al círculo que representa al proveedor, y las que se representan en anillos más distantes son las los proveedores consideran de menor importancia y utilizan con poca frecuencia	49
Figura 9. Representación del manejo agroecológico de los cultivos en invernadero mediante valores asignados (de 1 a 5) a las variables evaluadas durante la segunda etapa de investigación, donde insumos se refiere a insumos alternativos a los químicos y el manejo se refiere a prácticas agroecológicas, y el valor 5 es el más cercano a la máxima sustitución y práctica más orientada hacia el manejo agroecológico	54
Figura 10. Índice medio de infestación de mosca blanca en tomate, en dos tipos de estructuras (IP=invernadero plano con malla de 50 mesh, IC=invernadero capilla con malla antiviral de 25 mesh) pertenecientes a dos productores diferentes EC y EL, con cultivos en distintas etapas fenológicas del cultivo	57
Figura 11. Porcentajes de severidad, durante 60 días, de el hongo Fumagina en tomate, con cinco meses de edad, en el invernadero tipo capilla con malla antiviral de 25 mesh del señor EL.	60

Figura 12. Incidencia de <i>Botrytis</i> sp. en aborto floral y caída de fruto en Chile bajo invernadero, en dos invernaderos tipo capilla, misma etapa fenológica y dos productores EC y JF en San Ignacio-La Palma	61
Figura 13. Representación del estado de salud de los cultivos en invernadero, donde los valores obtenidos por las variables evaluadas durante la segunda fase de la investigación. El valor más alto 5 corresponde a un mejor estado del cultivo con respecto a la variable evaluada	64
Figura 15. Cantidad de aplicaciones mensuales de plaguicidas en los diferentes sistemas de producción de tomate, en época seca, en época lluviosa y bajo invernadero, en la zona alta San Ignacio-La Palma.....	71
Figura 16. Diseño representativo de la fachada principal del 80% de las estructuras de los invernaderos ubicados en San Ignacio-La Palma. Escala 1:100. Fuente Fintrac-USAID 2009.	78

1 INTRODUCCIÓN

La horticultura a nivel mundial es un sector económicamente importante, según datos estimados por la FAO a nivel mundial se cultivan anualmente 52 millones de hectáreas, con China, India, Turquía, Italia, Egipto, España, Brasil, México y Rusia entre los 10 principales países productores de hortalizas frescas y procesadas. Del total de esta superficie, aproximadamente el 22% (12 millones de hectáreas) está relacionado con agricultura protegida, y de éstas, el 10% (1.2 millones de hectáreas) lo constituyen estructuras permanentes o invernaderos, siendo los cultivos que más se producen son tomate y chile (FAO 2008).

En Centroamérica la producción de tomate a campo abierto es alrededor de 431,069 TM por año (FAO 2007). Para esta producción generalmente se utiliza gran cantidad de agroquímicos, en muchas veces de forma excesiva, que además de aumentar los costos de producción, causan desequilibrios ambientales y problemas en la salud de los consumidores y productores (Jaramillo *et al.* 2007). Mientras que varios autores reportan que en la producción de hortalizas bajo ambiente controlado se reduce la cantidad de agroquímicos empleados y obtienen alimentos con mayor calidad e inocuidad. Además estos sistemas de producción son una alternativa para aumentar los ingresos de los productores y mejorar su calidad de vida; ya que permiten mayor aprovechamiento del terreno, por la producción durante todo el año; aumento en los rendimientos; así como conseguir mayor precocidad o retardo de la cosecha, según las exigencias del mercado (Robledo *et al.* 2002, Barrios 2004, Cimadevila *et al.* 2007).

No obstante, estudios realizados en países tropicales han demostrado que la adopción y desarrollo de esta tecnología ha presentado algunas limitantes: en primer lugar los diseños de las estructuras no se han adaptado a las condiciones climáticas tropicales y socioeconómicas de los productores; en segundo lugar la mayoría de los productores carecen del conocimiento sobre manejo del cultivo y comportamiento de las plagas y enfermedades en el sistema (Baille 1999, Jesen 2001, Mary *et al.* 2007). Berdegué *et al.* (2007) consideran que el conocimiento es la base fundamental para la innovación, la cual nos lleva a una mejora de la productividad, rentabilidad y sostenibilidad. Por otro lado, la falta de conocimiento conduce a una baja rentabilidad del cultivo, resultado del aumento del número aplicaciones

de plaguicidas; esto a la vez puede significar mayor riesgo de contaminación de agua, suelos, alimentos y de las personas que trabajan en el ambiente cerrado (Goto 1997, Fontes 1999, Grande *et al.* 2003, Gama *et al.* 2008).

Entre las regiones donde se ha iniciado la producción de hortalizas bajo ambiente controlado se encuentra la Región Trifinio. Esta Región comprende territorios fronterizos entre El Salvador, Guatemala y Honduras, aproximadamente de 7.400 km² y se caracteriza por el cultivo de hortalizas en sistemas de producción con alto uso de insumos. Por lo que, el cultivo bajo ambiente controlado podría ofrecer una oportunidad para reducir el uso de plaguicidas. Sin embargo, no se sabe cuál es el estado actual del conocimiento y la tecnología para estos sistemas de producción; no se conocen las limitantes agroecológicas, ni las oportunidades que ofrecen como alternativa para reducir el uso de plaguicidas en esta zona (Padilla *et al.* 2007).

Por lo mencionado anteriormente la presente investigación se propuso hacer un análisis del sistema de innovación en ambientes controlados en la Región de Trifinio de El Salvador, que permitiera caracterizar el estado actual del conocimiento, así como también identificar las limitantes y oportunidades que ofrecen. Además con la información obtenida, se propuso elaborar una propuesta para desarrollar la capacidad de innovación de los diferentes actores involucrados en el sistema. Esta investigación fue parte de los objetivos del Proyecto Innovaciones en Cadenas de Valor de Hortalizas Especiales, ejecutado por CATIE con fondos del gobierno de Noruega (NORAD) en la Región Trifinio.

1.1 Objetivos del estudio

Objetivo general

Caracterizar el sistema actual de innovación en ambientes controlados para producción de hortalizas en la Zona Trifinio.

Objetivos específicos

- Caracterizar el estado actual del conocimiento y uso de tecnologías en los sistemas de producción en ambiente controlado.
- Identificar las limitantes y oportunidades que ofrecen los sistemas de producción bajo ambiente controlado, como alternativa para la producción de hortalizas más limpias.

- Diseñar una propuesta para desarrollar la capacidad de innovación de los actores involucrados en los sistemas de producción bajo ambiente para lograr el manejo agroecológico de los cultivos.

1.2 Preguntas del estudio

Para lograr los anteriores objetivos se plantearon las preguntas siguientes:

- ¿Cuál es el estado actual del conocimiento y el uso de la tecnología en los sistemas de producción en ambiente controlado?
- ¿Cuál es la capacidad de innovación de los diversos actores involucrados en el sistema?
- ¿Cuáles son las limitantes socioeconómicas y agroecológicas de la zona para la producción bajo ambiente controlado?
- ¿Cuáles son las oportunidades que se pueden aprovechar para el desarrollo de la tecnología de cultivo bajo ambiente controlado?

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 Antecedentes de la producción bajo ambientes protegidos

El crecimiento y desarrollo de plantas requiere de factores bióticos y abióticos apropiados para expresar su máximo potencial genético con la mayor calidad y rendimiento posible (López 2001). Por tanto, la producción es el resultado de la interacción de factores como: las condiciones ambientales, el manejo del cultivo y la incidencia de las enfermedades y plagas. Se han adoptado una diversidad de labores para disminuir los efectos desfavorables de algunos factores. Sin embargo, en campo abierto no es posible manipular las condiciones ambientales, aunque en muchos casos pueden ser fundamentales para el éxito o fracaso de los cultivos (López *et al.* 2002, Robledo *et al.* 2002).

Como alternativa a la producción en campo abierto, comenzó en España a partir de 1960, la producción bajo ambiente controlado. A la fecha esta ha crecido en importancia en la agricultura mundial, no solamente en la producción de cultivos de hortalizas y ornamentales sino también en la producción de plántulas. En Latinoamérica el uso de esta tecnología se ha desarrollado a partir de la década de los 80 (Jensen 2001).

El objetivo de la agricultura protegida es reducir el riesgo de daño del cultivo a causa de las plagas y enfermedades, reducir al mínimo las limitaciones ambientales, en consecuencia reducir el consumo de plaguicidas sintéticos y aumentar los rendimientos (Olivera 2004, Miranda y Martínez 2007). Esta técnica permite establecer una barrera entre el medio ambiente externo y el cultivo. De esta manera, se puede lograr protección del viento, granizo, heladas, plagas, enfermedades, hierbas, entre otros. Además es posible crear un microclima favorable al cultivo mediante el manejo de la temperatura, la humedad relativa, la cantidad de luz y CO₂ (Robledo *et al.* 2002, Castañeda-Miranda *et al.* 2007).

El cultivo en ambiente controlado ha dado respuesta a las nuevas tendencias ecológicas de los mercados, satisfaciendo las demandas de alimentos de alta calidad e inocuidad. Además de minimizar los efectos en el ambiente al reducir el uso de agroquímicos, sin reducir la productividad por área de cultivo. Por otro lado se aprovechan áreas geográficas casi desérticas tal es el caso del sudeste de España donde hay 30.000 ha de invernaderos (Robledo *et al.* 2002, Olivera 2004, López-Gálvez 2004).

2.2 Cultivos bajo ambiente controlado

La agricultura bajo ambiente controlado, cultivo protegido o en invernaderos, como también es conocida por algunos autores, se define como el cultivo dentro de una construcción cubierta artificialmente. La cual tiene el objeto de proveer un medio ambiente con condiciones microclimáticas favorables a la producción y propagación de plantas durante todo el año. Así como también proteger a los cultivos de los cambios ambientales que puedan afectarlos (Rodríguez y Jiménez 2002, López-Gálvez 2004, Miranda y Martínez 2007, Gama *et al.* 2008).

Se han diseñado gran diversidad de construcciones para el cultivo de plantas, van desde muy simples hasta altamente sofisticadas. Algunas cuentan con climatización controlada a través de sistemas electrónicos o solares de calefacción y enfriamiento que permiten el control de temperatura, humedad y la cantidad de CO₂. Mientras que otras construcciones además de la precipitación, solo modifican los factores como la ventilación por medio de ventanas laterales móviles, altura del techo, y la temperatura con: pantallas térmicas, mallas para sombra y encalados en la cubierta. También existen las que son dirigidas a un factor específico como las casas de malla que protegen los cultivos de insectos o cultivos con techos para protegerlos de la precipitación (Greer y Diver 2000, Samaniego-Cruz *et al.* 2002, Morales 2004, Jaimez *et al.* 2005, García Alonso *et al.* 2007).

2.2.1 Ventajas de la producción bajo ambiente controlado

En diferentes estudios se informa sobre las ventajas que presenta la producción en sistemas bajo ambiente controlado. Entre ellas, la posibilidad de producir durante todo el año con **mayor calidad y rendimiento por área**, maximizando la utilización del terreno, principalmente en zonas donde es este un limitante. Parr Rosson y Adcock (2000) reportan rendimientos de tomate a campo abierto entre 50 a 75 TM/Ha, por otro lado Shany (2003) menciona que el rendimiento mínimo en invernadero es de 200 TM/Ha. En algunos cultivos es la única forma de programar una producción constante durante todo el año, mediante la estimulación de la respuesta fisiológica de los cultivos a la acumulación de grados-día, acortando o alargando el ciclo vegetativo de las plantas (López 2001, Robledo *et al.* 2002, Barrios 2004, Rucoba *et al.* 2006)

También, el **aprovechamiento de la luz** bajo la estructura es mayor, ya que al pasar por la cubierta aumenta la cantidad de radiación y luz difusa, que puede ser mejor aprovechada por los cultivos de hortalizas. Shany (2003) menciona que la luz difusa en el invernadero puede variar entre 30 y 60% de total de la radiación transmitida, el porcentaje varía según las características del plástico utilizado. La cubierta a la vez reduce significativamente el efecto de la radiación UV (luz ultravioleta), que puede ser perjudicial para muchos cultivos como las flores (Ruiz *et al.* 2004).

Otra ventaja se obtiene al **proteger al cultivo de condiciones climáticas** adversas, lo que permite reducir el desarrollo de las plagas y enfermedades (Jesen 2001, Jaimez *et al.* 2005, García Alonso *et al.* 2007). Así mismo facilita el establecimiento y conservación de controladores biológicos de plagas y patógenos, ya que se pueden manejar las condiciones (temperatura y humedad relativa) adecuadas para estos. Zheng *et al.* 2005 realizaron un estudio con tres parasitoides (*Eretmocerus* sp., *Encarsia Formosa* y *Trichogramma brassicae*) y encontraron que niveles de parasitismo en mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabasi*) fueron de 85 a 96%. La combinación de diferentes tipos de control biológico permite reducir la cantidad de químicos utilizados y contribuir a las nuevas tendencias del mercado mundial sobre la demanda de alimentos de alta calidad e inocuidad (Olivera 2004).

Además en el contexto mundial donde existe un conflicto sobre el uso de los recursos naturales, principalmente el recurso agua; el sistema de producción bajo ambiente controlado hace un **uso más eficiente del recurso agua** y permite conservarlo en muchas regiones donde es escaso (Jensen 2001, López-Gálvez 2004, Cimadevila *et al.* 2007). Según la FAO (1991) el empleo de una cubierta semi transparente en el invernadero reduce la radiación y confina la humedad, así en zonas con alta demanda hídrica se puede reducir hasta una 30% en uso del agua en un cultivo.

2.2.2 Desventajas de la producción en ambiente controlado

De igual forma el cultivo en ambientes controlados, presenta desventajas. Entre las cuales, se cita el **alto costo de inversión inicial**, que puede excluir a productores de nivel medio a bajo, con capital reducido, de optar por este sistema. Estudios reportan que los costos de inversión para invernadero pueden variar según los materiales utilizados,

estructuras de madera la inversión varía entre \$6.00 y \$10.00, en cambio las de metal los costos pueden alcanzar hasta \$16.00 y \$20.00 (Alas Martínez 2003, Grande *et al.* 2003, Mary *et al.* 2007, Gama *et al.* 2008). No obstante, en la actualidad existe una gran gama de materiales disponibles en el mercado, de los cuales se pueden seleccionar los que se ajusten los **recursos económicos** del productor (López *et al.* 2002).

En muchos casos **la rentabilidad esperada no siempre es obtenida**, debido principalmente a que las estructuras que se usan, no se adaptan a las condiciones tropicales, ya que la mayoría se han diseñado en países de clima templado, latitudes mayores a los 35° N o S (Jaimez *et al.* 2005, García Alonso *et al.* 2007). Gama *et al.* (2008) reporta invernaderos que cultivados con chile se obtienen 125 TM/Ha en el primer ciclo de cultivo, no obstante estos rendimientos se reducen hasta un 40% para el siguiente ciclo. Lo anterior debido principalmente a la falta de conocimientos de los productores en cuanto a las prácticas de manejo del cultivo y del microclima dentro de las estructuras. Aunado a la dependencia de insumos externos, en muchos casos importados que generalmente aumenta los costos de producción (Grande *et al.* 2003).

Otra desventaja importante, es que la mayoría de la producción en estos sistemas, generalmente no obtiene precios diferenciados, más altos, en el mercado (Grande *et al.* 2003). Estudios realizados por Grande *et al.* (2003) y Yilmaz *et al.* (2005) en cuanto a las **estrategias de mercadeo** muestran que muchos de los productores están sujetos a la incertidumbre de mercado porque no tienen garantía de compra, lo que los hace susceptibles a las variaciones en los precios, generalmente no diferenciados para cultivos protegidos. En consecuencia pérdidas para el productor.

Otro aspecto importante a considerar es que la producción en ambiente controlado requiere de **conocimientos especializados** para el manejo del cultivo y la estructura (Grande *et al.* 2003, Yilmaz *et al.* 2005). Como ejemplo, la falta de conocimiento puede llevar al uso inadecuado de agroquímicos y aumentar los riesgos de contaminación, al tratarse de un ambiente cerrado, que favorece la concentración de agroquímicos, tanto en la producción, como en la atmósfera y el suelo del invernadero, lo que puede ser un riesgo para la salud de los trabajadores y consumidores (Goto 1997, Ozcatalbas 2002, Grande *et al.* 2003). Además de la contaminación que se genera debido a los desechos plásticos y materiales no

degradables usados en la construcción, cuando no se cuenta con una estrategia adecuada de manejo de residuos (López *et al.* 2002).

2.3 El diseño de estructuras para la producción en ambiente controlado

Para la construcción de una estructura, se debe considerar un estudio minucioso de las variables que condicionan la eficiencia y funcionalidad del sistema y determinan el éxito esperado. Los factores a considerar son el capital y las estrategias de mercadeo, análisis de los factores climatológicos, los requerimientos de los cultivos, ubicación del lugar, la forma de la estructura a instalar (Greer y Diver 2000, Jesen 2001, Rodríguez y Jiménez 2002, Barrios 2004, Miranda y Martínez 2007).

Para la elección de la estructura, es importante considerar **el clima** predominante en la zona, por la influencia que tiene en el desarrollo del cultivo, particularmente en el daño de las plagas y enfermedades. La relación entre las condiciones climáticas que existen en el lugar y los requerimientos del cultivo, determinan aspectos como: el tipo de infraestructura, la altura, dimensiones, materiales, orientación de la estructura (Mateo 2001, Rodríguez y Jiménez 2002). Los factores climáticos a considerar son:

- La altura sobre el nivel del mar, a menor altitud las temperaturas serán altas y requerirá de mayor tecnología para reducirla, en cambio a mayor altitud las temperaturas serán bajas y tendrá que mantener el calor en la estructura (Samaniego Cruz *et al.* 2002)
- La relación entre la temperatura y humedad relativa, cuando la temperatura aumenta la humedad relativa disminuye y viceversa, además es importante considerar que estas son superiores dentro del invernadero en relación a las de campo abierto (Macedo Pezzopane *et al.* 1995)
- La velocidad máxima del viento y orientación, en lugares donde los vientos son muy fuertes pueden llegar a causar daños y desestabilizar a las estructuras, por otro lado la falta de vientos reduce el intercambio de aire y una reducción del CO₂ necesario para las plantas (Rodríguez y Jiménez 2002, Jaimez *et al.* 2005)
- La precipitación mensual, invernaderos tipo plano o parral se adaptan mejor a zonas con poca precipitación ya que en alta precipitación presenta el inconveniente de la falta de escurrimiento del agua por la techumbre plana, bolsas de agua en el techo y goteo en las plantas (Mateo 2001, Baudoin *et al.* 2002, Mimoso 2003, Miranda y Martínez 2007)

- Los días nublados, la cantidad de luz recibida depende de la forma del techo de la estructura, invernadero tipo cilindro captan mayor luz que los tipo plano o capilla ya que tienen una mayor área (Baudoin *et al* 2002, Martínez 2007).

La selección de **los cultivos apropiados a las diferentes estructuras** de ambientes controlados, debe considerar la rentabilidad para compensar la inversión inicial, al igual que los requerimientos de suelo, agua, luz y temperatura. El cultivo más frecuente es el tomate, por su alta rentabilidad y demanda, además del alto riesgo que representa su producción a campo abierto. Sin embargo, en muchos lugares la rentabilidad de cultivos como chile y tomate, ha generado un monocultivo continuo, provocando el aumento de la incidencia de enfermedades y plagas que muchos productores han resuelto con un mayor uso de plaguicidas (Bascur 2002, Baudoin *et al.* 2002, Rodríguez y Jiménez 2002, Loos *et al.* 2008).

Según Rodríguez y Jiménez (2002) y Barrios (2004), para elegir la **ubicación de la estructura**, es conveniente tener en cuenta aspectos como: la topografía (suelos nivelados), el drenaje (posibles anegamientos por aguas lluvias o desbordes de canales), el suministro de energía eléctrica en las instalaciones y el estado de las vías de comunicación. Es recomendable construir la estructura lejos de los caminos y zonas polvorientos, debido a que el polvo se deposita en los techos disminuyendo el paso de luz al interior, además de contaminar las hojas y frutos.

Se debe tratar de utilizar **materiales estructurales y de cubierta** locales adecuados a las condiciones de cada zona. Los materiales estructurales, usados para las columnas, deben ser resistentes, económicos y de fácil conservación, que permitan adaptar los materiales de cubierta. (Barrios 2004, López-Gálvez 2004, Mary *et al.* 2007). En el caso de la cubierta, que es el material que cubre el techo y los costados, se busca una buena transmisión de la radiación solar, básica para en el balance energético del sistema. Por lo que es necesario considerar las propiedades ópticas, térmicas, físicas y vida útil del material.

La vida útil del invernadero dependerá de los materiales utilizados. Los materiales estructurales más utilizados son: madera que puede durar aproximadamente seis años, metal y concreto con una mayor vida útil de hasta 25 o 30 años. En el trópico el material de cubierta más utilizado es el polietileno, debido a que es flexible, de fácil manejo y de bajo costo. Este puede llegar a tener una vida útil de tres a cuatro años dependiendo de su calidad

y del manejo que tenga (Alpi y Tongoni 1975, Greer y Diver 2000, Morales 2004, Villani y Wilson 2005).

La selección del **diseño de la estructura** está ligada a todos los demás factores mencionados anteriormente. Generalmente las formas de techo más comunes utilizadas son: tipo plano o parral es sencillo y el más económico con los inconvenientes de poco volumen de aire, mala ventilación por falta de ventanas y no se puede utilizar en zonas con alta precipitación; techo tipo capilla se adapta tanto a materiales flexibles con rígidos, fácil evacuación de las lluvias e instalación de ventanas, uso de materiales de bajo costo; y de techo curvo son estructuras totalmente metálicas, presentan buena resistencia a los vientos, mayor transmisión de la luz y volumen de aire dentro, no obstante, no ofrece la mejor condición para la salida del aire caliente (Rodríguez y Jiménez 2002).

2.4 Manejo de plagas y enfermedades en los cultivos en ambientes controlados

Para obtener buenos resultados en cultivos protegidos, el manejo agronómico debe permitir obtener la máxima rentabilidad y la sostenibilidad del sistema (Robledo *et al.* 2002). No obstante, el manejo determinado por las características del cultivo; se debe considerar el tipo de instalación utilizada, la calidad de la cosecha y el precio de la producción. Según Baudoin *et al.* (2002) el cultivo protegido ha permitido obtener aumentos en la producción y reducir la cantidad de agroquímicos empleados en la producción convencional a campo abierto.

El ambiente dentro de un invernadero en general es húmedo, cálido y carente de viento, estas condiciones promueven un ambiente óptimo para el crecimiento de la mayoría de las plantas, pero también son ideales para el desarrollo de enfermedades ocasionadas por bacterias, hongos y vectores de virus (Vida *et al.* 2004). Por lo tanto, es importante considerar en este sistema el manejo de la temperatura, ventilación, humedad, agua y CO₂, para evitar condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades. Según Baudoin *et al.* (2002) problemas de menor importancia en sistemas de cultivo a campo abierto pueden ser muy destructivos en cultivos protegidos. El manejo de enfermedades en los cultivos protegidos es una tarea compleja y las medidas de control deben integrarse en un sistema

flexible que sea compatible con el sistema de producción, la economía del productor y especialmente que reduzca el riesgo de contaminación.

2.4.1 Principales plagas y enfermedades en cultivos en ambiente controlado

El manejo de plagas y enfermedades en los invernaderos está basado en evitar el ingreso, mediante el uso de prácticas de bioseguridad. Así como también, manejar las condiciones microclimáticas dentro de la estructura, de manera que no sean favorables para el desarrollo de las poblaciones.

Las principales plagas que se presentan en los invernaderos, que tienen el potencial de reducir la producción son:

Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*). Se ha convertido en plaga clave en los cultivos protegidos, principalmente porque al alimentarse tiene la capacidad de transmitir virus. La succión de savia provoca retraso de crecimiento, deformación de las hojas y debilitamiento general de la planta. Además, segregan una sustancia azucarada al alimentarse que favorece el desarrollo de hongos como *Cladospodim* spp. que afectan la capacidad fotosintética de la planta. Esta es una plaga de difícil control, posee una alta capacidad reproductiva, se alimenta de 130 hospederos diferentes y presenta capacidad de adquirir resistencia a los plaguicidas organofosforados y los piretroides. Tiene la capacidad de adaptarse a distintos hábitat *Trialeurodes vaporariorum* se desarrolla entre los 600 a 2400 msnm y *Bemisia tabaco* desde los 0 a los 1400 msnm (Nuez 1995, Rodríguez *et al.* 2001, Sánchez *et al.* 2002).

Araña roja (*Tetranychus urticae*). Es un ácaro polífago que se transporta por el viento, en la ropa y herramientas de trabajo. Los adultos son arañitas muy pequeñas de color verdoso o rojizo con manchas oscuras en ambas partes del cuerpo. Se desarrolla en el envés de las hojas causando decoloraciones, puntos o manchas amarillentas que pueden apreciarse en el haz, como primeros síntomas. En condiciones de poblaciones altas se produce desecación o incluso de foliación. Los ataques más graves se producen en los primeros estados fenológicos (Nuez 1995, Schuster 2001). Las condiciones óptimas para la araña roja son humedad relativa del aire entre 35% y 55% y temperaturas entre 20°C y 25°C (Sánchez Gutierrez 1994)

Pulgón (*Aphis gossypii*). Son insectos chupadores que llegan al invernadero como adultos alados pero producen descendientes ápteros mediante partenogénesis. Se localizan en el envés de las hojas jóvenes, donde succionan los jugos vegetales. Como resultado, las hojas se enrollan hacia abajo, se arrugan, marchitan y decoloran. Las plantas gravemente infestadas se vuelven de color café y mueren. El aspecto más dañino de los áfidos es su capacidad para transmitir numerosos virus de importancia, que pueden causar desde decoloración hasta reducciones importantes en la producción (Nuez 1995, Schuster 2001, Rodríguez *et al.* 2006).

Minadores de hoja (*Liriomyza spp.*). Las hembras adultas ovopositan dentro del tejido de las hojas jóvenes, donde se desarrolla la larva que se alimenta del parénquima, y produce las típicas galerías. Una vez finalizado el desarrollo larvario, las larvas salen de las hojas para pupar en el suelo o en las hojas, el ciclo puede variar de 20-22 días con una temperatura adecuada de 25°C (Rodríguez *et al.* 2001).

Los principales patógenos que se presentan en los invernaderos, que tienen el potencial de reducir la producción son:

Moho gris (*Botrytis cinerea*). Es una de las enfermedades más comunes que causan problemas en ambiente controlado. Principalmente ataca los tejidos suculentos (hojas jóvenes, tallos y flores), los cuales presentan debilitamiento y forman áreas acuosas de forma irregular que causan la muerte del tejido. El desarrollo de la enfermedad es favorecida por la alta humedad relativa y la temperatura óptima es de 20°C. Por lo que el manejo adecuado de la ventilación colabora a reducir el moho gris (Körner y Holst 2005).

Tizón tardío (*Phytophthora infestans*). Es una de las enfermedades más severas en cultivos de solanáceas. En las hojas aparecen manchas irregulares de aspecto aceitoso al principio que rápidamente se necrosan e invaden casi todo el foliolo. En el tallo, aparecen manchas pardas que se van agrandando y que suelen circundarlo. Afecta a los frutos inmaduros, manifestándose como grandes manchas pardas, de contorno irregular (Blancard 1996). Es favorecida por las temperaturas superiores a 10 °C y humedad superior al 75% durante 2 días o más (Ayala *et al.* 1991), por lo que manejo adecuado de la ventilación y la humedad del suelo son claves para su manejo.

Oidium (*Oidiopsis sp.*). Es una enfermedad que se da fundamentalmente en las hojas, en los cultivos de invernadero. En el haz se presenta con decoloraciones circulares amarillentas que posteriormente adquieren un color parduzco. En el envés se desarrolla un punteado necrótico muchas veces cubierto por un moho polvoriento blanco. Es una enfermedad típica de climas cálidos, ya sean secos o húmedos. Sus condiciones óptimas para el desarrollo son temperaturas entre 20 a 30 °C y humedad relativa entre 70 a 80%. Además es favorecida por la no exposición de las plantas a la precipitación natural (Cano *et al.* 2002, Nuez *et al.* 2003).

Marchitez fungosa (*Fusarium oxysporum*, *Phytophthora spp.*, *Sclerotium rolfsii*). Es una enfermedad especialmente importante en el cultivo de chile que puede ser producida por uno o varios hongos que el tallo, que no permiten el paso de agua y nutriente de las raíces a las hojas, por eso la planta se marchita rápidamente, en algunos casos las hojas se ponen amarillas, en la base del tallo se observa una pudrición color oscuro. Dependiendo del tipo de hongo se puede ver un algodón blanco sobre la lesión (González *et al.* 2004). Estas enfermedades son favorecidas por la humedad del suelo, por lo que el manejo del riego es muy importante para su control.

Marchitez bacteriana (*Pseudomonas* o *Burkholderia solanacearum*). Es producida por una bacteria presente en el suelo y penetra el tallo y bloquea el paso de agua y nutrientes. El bloqueo del paso de agua es tan rápido que se puede confundir con falta de agua. Las plantas se ven marchitas aunque verdes como si se hubieran cortado. En ocasiones se recuperan durante la noche cuando baja la temperatura, finalmente la planta muere (Smith *et al.* 1995). Al igual que el caso anterior esta enfermedad se maneja muy bien regulando el riego y de esta forma la humedad del suelo.

Virus. Las enfermedades causadas por los virus son muy difíciles de controlar y pueden resultar en pérdidas sustanciales del cultivo. Su incidencia y severidad varían entre estaciones de cultivo debido a la interacción compleja que existe entre el patógeno, la planta, el vector, la fuente del virus y el ambiente (Blancard 1996). Los síntomas de virus en las plantas suelen ser de tipo sistémico y no reversibles, al no poder curarse las plantas infectadas por virus tienen reducción en el rendimiento (Arguello *et al.* 2007). Lo más

importante en este caso es la siembra de plantas sanas y el manejo de insectos u otras formas de transmisión.

2.5 Innovación agrícola

En la mayoría de los países el área, para la expansión horizontal de la agricultura es limitada. Por lo tanto, aumentar los ingresos de las familias de pequeños agricultores depende de la capacidad de aumentar la productividad de las parcelas, principalmente mediante la intensificación de los sistemas de producción. Actualmente, se prevé que la agricultura tendrá que duplicar la producción y productividad en los próximos 25 años para cumplir con la creciente demanda de los alimentos, principalmente en los países en desarrollo. Esto sólo puede lograrse a través de una combinación de innovación tecnológica, la mejora de habilidades de cultivo y una mayor capacidad de las instituciones rurales (incluidas las organizaciones de agricultores) para enfrentar los desafíos de la producción. La rentabilidad y la intensificación agrícola deben ser equilibradas para lograr sostenibilidad medioambiental (FAO y Banco Mundial 2000).

La innovación es el proceso de crear y utilizar conocimientos provenientes de diferentes fuentes; mediante la aplicación de nuevas ideas, productos, servicios y prácticas útiles para el incremento de la producción y productividad. Son los agricultores quienes de acuerdo su información y conocimientos, asignan y combinan los recursos productivos tales como tierra, mano de obra e insumos, que en última instancia influyen en la rentabilidad. Por lo tanto, utilizar estos conocimientos le da un valor agregado a los recursos existentes (Bolaños 1999, Berdegué *et al.* 2007).

En cuanto al proceso de adopción de una innovación se han desarrollado dos teorías. La primera es el individualismo, utilizada en la extensión rural a partir de los años 70. Según esta teoría los actores sociales toman la decisión de adopción, según las utilidades que podrían obtener. Se fundamenta en que las características de cada actor social varían, por lo que existe gran heterogeneidad entre ellos, por lo tanto de igual forma se espera una dispersión en la toma de decisiones. No obstante en los años recientes, ha tenido mayor auge la teoría de redes sociales, que se basa en el reconocimiento sobre la influencia que ejercen las interacciones, con otros individuos, en el comportamiento económico individual, crecimiento económico, la innovación y el desarrollo rural (Lozares 2005, Monge y Hartwich

2008). Engel (2002) menciona que en la medida que los actores sociales individuales reconocen su interdependencia mutua con respecto a algún objetivo o preocupación común, pueden llegar a establecer relaciones duraderas de cooperación y coordinación.

Las innovaciones agrícolas son impulsadas por la influencia de ciertos tipos de actores. Según Kaimowitz (1991), los actores sociales que impulsan los procesos de innovación, se pueden agrupar en cinco tipos, que tienen el poder potencial y los medios para ejercer liderazgo y persuadir a los demás participantes a realizar esfuerzos coordinados. Entre estos actores se incluye: los que formulan e implementan políticas del gobierno, los que representan al mercado, los agricultores y sus organizaciones, las agencias extranjeras que incluyen a los donantes y los que se dedican a la investigación y desarrollo. El liderazgo institucional sólido de un actor no implica que los demás actores no ejerzan liderazgo; significa que el liderazgo total tiene una importancia predominante para lograr y mantener el sistema.

Según la teoría de Rogers (1995), hay cuatro elementos esenciales necesarios para la difusión de las innovaciones, entre los cuales están: la innovación por sí misma, los canales de comunicación, el tiempo y el sistema social. La innovación se refiere a una idea, práctica u objetivo que es percibido como nuevo por un actor social; una innovación se puede expresar en función del conocimiento, persuasión o decisión de adoptar. Los canales de comunicación se entienden por la relación entre los diferentes actores y el intercambio de información. El tiempo se refiere a la tasa de adopción, mientras que el sistema social indica la estructura y función de los actores.

La capacidad de innovación es un capital, un valor de carácter intangible, que determina el éxito a futuro de una organización, o sea que el futuro se relaciona directamente con la situación presente y la capacidad de cambio (Sainz de Vicuña 2006). La innovación es más que un simple indicador de fácil identificación y medida, posee características complejas y sistemáticas, es decir necesita verse desde diferentes puntos de vista. En tanto la capacidad de innovación, en productores agrícolas por ejemplo, puede ser medida con base en factores relacionados con el mercado, condiciones agroclimáticas y la incertidumbre que representan, el nivel de tecnología y la disposición de esta, la organización, los recursos disponibles y la gestión de estos, el capital humano y las relaciones existentes entre las personas como

agentes activos del cambio, y de la capacidad de tomar decisiones para de crear, innovar y hacer realidad lo nuevo.

2.5.1 Sistemas de innovación agrícola

Según Mulet (2003) la innovación agrícola se origina en la interacción recíproca entre los actores sociales que se consideran involucrados en el desarrollo, que tiene lugar en el sector agrícola, o que al menos se ven afectados por ello. Por lo tanto, un **sistema de innovación** se puede definir como las diferentes acciones e interacciones de los agentes o actores que intervienen en el proceso de innovación y que son reguladas por normas formales y no formales. Esto involucra el análisis de las funciones de los distintos agentes y los tipos de interacción, consiente o no, directa o indirecta, que se produce por conducto de redes oficiales u oficiosas (Berdegué 2005). Por lo tanto, el sistema de información y conocimientos agrícolas permite el desarrollo de vínculos entre persona e instituciones para promover el aprendizaje mutuo y generar, compartir y utilizar conocimiento, información y tecnologías relacionadas con la agricultura.

El concepto de ‘Sistemas de Conocimiento e Información Agrícolas’ (SICA) reconoce que la información y el conocimiento agrícola es el resultado de un proceso construido socialmente, en el que interactúa una multitud de agentes y partes interesadas, donde cada una responde a intereses y objetivos particulares que a menudo se encuentran en conflicto (FAO y Banco Mundial 2000). Por lo tanto, si la investigación y desarrollo agrícola son importantes para la innovación agraria, también lo son los mercados, el sistema de gobierno, las normas sociales y, en general, una gama de factores que crean los incentivos necesarios para que el agricultor decida modificar su manera de trabajar (Berdegué y Escobar 2001).

El intercambio y el uso de la información y los conocimientos entre los diferentes actores de la red resulta una interacción que les permite crear nuevas maneras de abordar los procesos sociales y/o económicos (innovación). Los SICA permiten el estudio de las formas organizacionales que favorecen los procesos de conocimientos, tales como la generación, transformación y uso del conocimiento y la información. Los SICA son utilizados en la agricultura para múltiples propósitos, pero el principal es identificar oportunidades de

intervención para mejorar el manejo del sistema, a través de las interacciones de los actores involucrados y la identificación de sus principales limitaciones (Engel 2002).

Conocer y entender el complejo funcionamiento del sistema de innovación y del SICA, nos permite diseñar estrategias de intervención enfocadas hacia a mejorar el funcionamiento de las interacciones entre los actores en el sistema. De manera tal, que el proceso de aprendizaje e innovación tenga mayor éxito y permita lograr los objetivos de cada actor. RAAKS, en sus siglas en ingles y que puede ser traducida al español como: Análisis Rápido de los Sistemas de Conocimientos Agrícolas, es una metodología que permite estudiar y entender los sistemas de innovación y los SICA, porque se basa en investigación-acción participativa, que aumenta la conciencia y el entendimiento; además ayuda a desarrollar un sentido compartido del propósito, de los actores involucrados (Salomon y Engel 2002). Esta metodología, comprende tres fases, durante las cuales se busca la concertación entre los diferentes actores, con respecto a identificar los problemas del sistema, determinar las oportunidades y limitantes, y finalmente diseñar una estrategia de intervención para mejorar el funcionamiento del sistema.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y características del área de estudio

El presente estudio se realizó como parte del Proyecto Innovaciones en Cadenas de Valor de Hortalizas Especiales en la Región de Trifinio, ejecutado por CATIE y financiado por el gobierno de Noruega. La región de Trifinio comprende los territorios fronterizos del oriente de El Salvador, el sureste de Guatemala y el occidente de Honduras, tiene una extensión de 7.400 km², de los cuales el 85% pertenecen, en partes iguales, a Guatemala y Honduras y el 15% restante a El Salvador. Cuenta con una población estimada de 672 mil personas, de carácter predominantemente rural y más de la mitad es analfabeta. Aunque el 80% de la superficie posee vocación forestal, solo el 18% está cubierto de bosque. Las principales actividades económicas son la agricultura, ganadería y comercio. La agricultura, principalmente la producción de hortalizas se caracteriza por el alto uso de plaguicidas, por ejemplo, en la época seca se hacen de 10 a 15 aplicaciones por ciclo, en cambio durante la época lluviosa las estas aumentan de 15 a 36 aplicaciones por ciclo de cultivo.

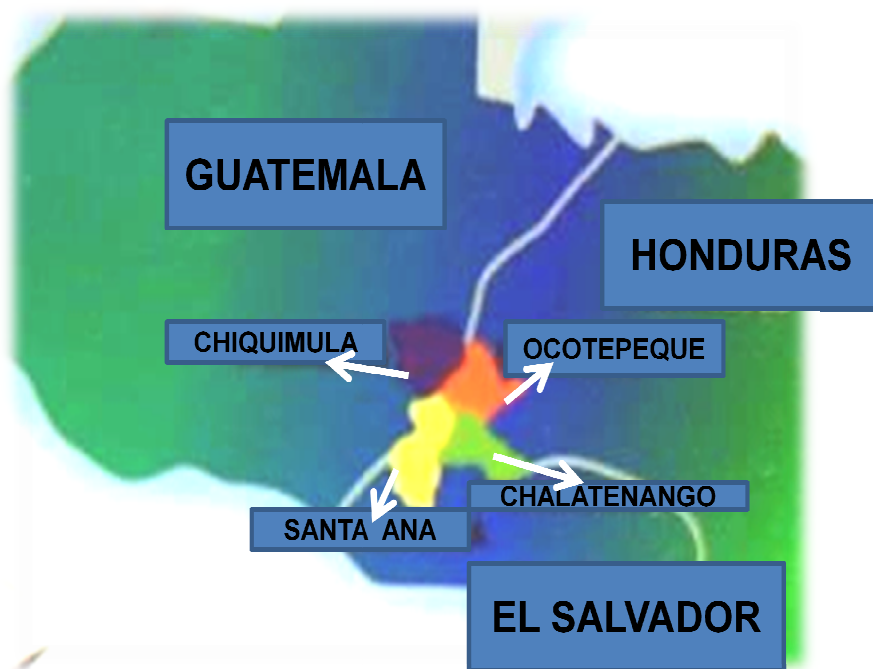


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio en la Región Trifinio, 2009.

El estudio se desarrolló en 7 municipios de la región, donde el proyecto innovaciones en cadenas de valor de hortalizas del CATIE desarrolla su trabajo. Estos municipios se agruparon en cuatro zonas debido a que presentan condiciones agroecológicas, socioeconómicas y políticas diferentes, estas son:

Los Municipios de Jocotán-Camotán, Chiquimula, Guatemala, tienen una extensión de 148 Km² y 232 km² respectivamente. Donde se pueden diferenciar dos zonas de vida. Bosque húmedo sub-tropical templado, con una precipitación anual promedio de 1100 mm distribuidas de mayo a octubre; la altitud oscila entre 900 a 1500 msnm, donde se cultivan café y frutales (cítricos y aguacate) y productos de consumo básico (maíz y frijol). Asimismo, bosque seco sub-tropical, situado entre 450 a 1000 msnm, con precipitación entre 700 a 850 mm por año (los meses de junio a septiembre son los más lluviosos), donde se cultiva maíz, sorgo y frutales (mango), para autoconsumo. El sistema de producción se caracteriza por siembra en tierras degradadas, uso de insumos y capital agrícola limitado.

Los Municipios de Ocotepeque-Sinuapa, Ocotepeque, Honduras: estos dos municipios colindantes; se encuentran según Holdridge en la zona de vida bosque húmedo montano bajo y bosque húmedo subtropical. La temperatura anual oscila entre 16.1 y 22.8 °C con una humedad relativa entre 86.3 y 90.9%, la precipitación anual promedio es de 1521 mm. El relieve va desde fuertemente quebrado a escarpado, presenta rangos altitudinales que van desde 800 a 2730 msnm. El Municipio de **Ocotepeque** posee una extensión territorial de 196.4 Km², cuenta con una población aproximada de 17,426 habitantes, de la cual el 70% vive en el área rural. En cuanto al Municipio de **Sinuapa**, este posee una extensión territorial de 131.10 Km², con una población aproximada de 6300 habitantes. La estructura productiva, en ambos municipios, es esencialmente agrícola, con cultivos de papas, cebollas, tomate, repollo frijol, maíz, café y ganadería.

Los Municipios de San Ignacio-Las Palmas, Chalatenango, El Salvador: se encuentran a una altitud entre 995- 2730 msnm, con temperaturas entre los 10 y 17°C, es un clima templado ideal para el cultivo de frutas y hortalizas como: moras, fresas, duraznos, lechugas entre otras. La producción de hortalizas en estos dos municipios es la más importante de la región Trifinio en territorio salvadoreño. Se estima que hay unos 2500 productores hortícolas, que siembran dos o tres ciclos por año, de repollo (280 ha/ciclo) , de

papa (343 ha/ ciclo), de tomate (84 ha/ciclo) y de chile dulce (45.5 ha/ciclo). Además de la agricultura, el turismo de montaña es otra fuente de ingresos de los pobladores.

El Municipio de Metapán, Santa Ana, El Salvador: se caracteriza por un clima caluroso, temperaturas que oscilan entre los 23.9 y los 32.3 °C. Aunque la temperatura disminuye en las cimas de la cordillera. La precipitación pluvial anual oscila entre 1600 y 1800 mm en las áreas bajas, y entre 2200 mm y 2400 mm en la parte alta de la cordillera. El municipio tiene 28 comunidades, de las cuales 16 producen hortalizas; siendo las comunidades del El Desague y La Barra las que poseen mayor área productiva. Se estiman unos 300 agricultores hortícolas en todo el municipio, los cuales producen principalmente tomate, chile dulce, ejote, sandía, pipian, ayote, pepino y en menor escala cebolla, repollo y lechuga.

3.2 Marco metodológico

La presente investigación se desarrolló de manera participativa. Se utilizó como base la metodología propuesta por Salomón y Engel 2002, conocida como RAAKS. Es una metodología meramente cualitativa e involucra información primaria obtenida de los diferentes actores involucrados en el sistema de innovación y de fuentes secundarias. Para la recolección de la información primaria se utilizaron herramientas como giras exploratorias, entrevistas semi estructuradas a los actores principales del sistema de innovación, además se obtuvo información en forma directa, en el campo, a través de visitas programadas a las fincas de los productores. Para cumplir con los objetivos de esta investigación, está se desarrolló mediante tres fases. Los resultados de una fase eran los insumos para tomar decisiones y llevar a cabo la siguiente. Para obtener aportes durante el proceso de la investigación, durante reuniones a diferentes proveedores, fueron expuestos la metodología a utilizar y los resultados que se obtuvieron del proceso de la investigación.

3.3 Primera fase de la investigación: estado actual de la producción en ambiente controlado en la Región Trifinio

En la primera fase se utilizó fuentes de información primaria y secundaria. La información primaria se obtuvo mediante una gira exploratoria, durante la cual se visitó cada una de las zonas donde se siembran hortalizas en ambiente controlado, para identificar las tecnologías más frecuentemente utilizadas, así como los diferentes manejos que dan a los

cultivos. Para obtener la información, durante la gira se realizaron entrevistas informales con dos o tres informantes claves (productores y/o proveedores de servicio) por cada una de las zonas. Estos fueron seleccionados al azar y mostraron disposición a brindar la información necesaria, los nombres se obtuvieron por la metodología de bola de nieve, la información se colectó con la ayuda de una boleta de campo (Anexo 1). La información primaria colectada en la gira exploratoria se complementó con información secundaria; para la cual se revisaron informes de proyectos, boletines informativos y publicaciones de los proyectos.

Con la información recolectada durante esta primera fase se establecieron seis criterios que permitieron seleccionar una sola zona donde desarrollar, las siguientes dos fases de la investigación. Estos criterios fueron elaborados y consultados, mediante entrevistas informales, con técnicos de la zona, para mantener el enfoque participativo. En el Cuadro 1 se presentan los criterios establecidos, la descripción de cada uno y el porcentaje de relevancia que tienen para el desarrollo de la investigación. El porcentaje de relevancia fue asignado de tal forma que la sumatoria de los 6 criterios llegara a un 100%. Además se calificó el grado de cumplimiento de cada uno de los criterios, de la siguiente manera:

1. Alto, el criterio se cumple en un 100% del valor total asignado.
2. Medio, el criterio se cumple en un 50% del valor total asignado.
3. Baja, el criterio se cumple en un 20% del valor total asignado.
4. Nula, no cumple con el criterio, equivalente a 0%.

Cuadro 1. Criterios establecidos para evaluar las tecnologías de ambiente protegido predominantes en la Región Trifinio

Criterios para selección	Descripción	% relevancia
Cantidad de sistemas protegidos	Cantidad de estructuras que estuvieran en producción o próximos a siembra durante la investigación	25
Importancia del uso de la tecnología	Cantidad de estructuras construidas recientemente, en proceso o planificadas, asistencia técnica recibida, facilidad de insumos	20
Acceso	Estado de las carreteras, facilidad de transporte, distancia de los mercados	20
Zona óptima para la tecnología	Condiciones ambientales: vientos, temperatura, humedad, topografía	15
Tipo de estructuras utilizadas y el estado de estas	Estructura más utilizada: invernaderos, casa malla, túnel y el estado: daños en el techo, paredes rotas	10
Nivel de la tecnología y manejo del cultivo	Materiales de construcción, tipo de riego, enfriadores o calentadores, manejo de los cultivos (convencional, orgánico)	10

3.4 Segunda fase de la investigación: caracterización del sistema de innovación de la producción en invernadero en San Ignacio-La Palma, El Salvador

La zona que obtuvo mayor porcentaje, según los criterios establecidos (Item 3.3), fue San Ignacio-La Palma, por lo tanto fue seleccionada para la segunda y la tercera fase de la investigación.

3.4.1 Identificación y caracterización de los proveedores de servicio, que participan en el sistema de innovación

Para esta segunda fase se tomaron en cuenta los actores involucrados directa o indirectamente y los que tenían potencial de participar, en un futuro en el sistema de producción, como proveedores de servicios (Engel 2002). Dentro de estos actores se consideraron: organizaciones de productores, proyectos de desarrollo, instituciones locales y nacionales, a los cuales se les aplicó una entrevista semi-estructurada (Anexo 2). Para adaptar la herramienta a las condiciones de la zona se validó previamente con dos proveedores de servicios escogidos al azar y que tuvieran experiencia de trabajo en la zona. La entrevista fue estructurada de manera que permitió obtener información sobre los siguientes cuatro componentes:

- A. Caracterización general de los proveedores de servicios.** Se colectó información sobre la influencia y el rol que cumplen estos actores dentro del sistema, el tipo de institución, misión u objetivos que tienen, las áreas de trabajo o de intervención, servicios que ofrecen y la frecuencia con que ofrecen esos servicios.
- B. Visión de los proveedores de servicios en cuanto a la producción en invernaderos en la zona.** Se obtuvo información sobre las ventajas y los principales problemas políticos, sociales, ambientales y económicos que consideran más importantes (que influyen positiva o negativamente) para el desarrollo de la tecnología de cultivo bajo ambiente controlado en la zona. Además se obtuvo información sobre las innovaciones que como actores han realizado para mejorar el sistema de producción: Así como sobre las fuentes a las que acuden para obtener información sobre alternativas de innovación, para mejorar el sistema y lograr la solución de problemas.

C. Fuentes de información. Se identificaron, las fuentes de información a las que acuden los proveedores de servicios sobre el manejo de cultivos en sistemas de ambiente controlado y grupos o redes a las que pertenecen. Las fuentes de información fueron clasificadas según Engel (2002), quien las ubica en tres estratos según la forma en que llegan. En el primer estrato, denominado la línea de asesoría, se refiere a las relaciones personales a largo plazo, que existen entre los actores, y que les permite intercambiar información. En el segundo estrato, línea de información, los actores utilizan medios de comunicación masiva como boletines, radio, televisión, libros e internet. Y el tercer estrato es la línea de documentación son fuentes de información que se encuentran disponibles para los actores, si estos desean acceder a ellas, como ejemplo: políticas agrícolas, estaciones experimentales. Además se tomó en cuenta la frecuencia a la que acuden a las fuentes de información y si estas son para la producción de cultivos convencional u orgánica.

D. Vínculos entre actores. En este componente se incluyó información sobre los mecanismos de comunicación y coordinación entre los proveedores de servicios. Se obtuvo información del punto de vista de cada actor, sobre quienes considera relevantes para el sistema de innovación, la relación que los vincula con esos otros actores y la frecuencia con que se relacionan. Por ejemplo si los actores coordinan actividades entre ellos, que tipo de actividades y la frecuencia con que lo hacen.

3.4.2 Caracterización de los productores

Se aplicó una entrevista semi-estructurada (Anexo 3) a los productores de hortalizas en invernadero que tuvieran experiencia en uno o más ciclos de producción. Se consideró la población completa que fueron 28 productores ubicados en los cantones de El Centro, Los Planes y Las Pilas, correspondientes a los municipios de San Ignacio y La Palma. La entrevista se dividió en cuatro secciones, las cuales incluyeron tanto variables cualitativas como cuantitativas.

Sección 1. Condiciones socioeconómicas del productor y su familia. Se evaluó el número de miembros que integran la familia, las diferentes fuentes de ingreso del núcleo familiar y la cantidad de personas que trabajan en el invernadero, tanto familiar como contratada. Se obtuvo información sobre el nivel de organización, por ejemplo si el productor

pertenece a alguna asociación o cooperativa. En cuanto a la autogestión de recursos, se logró información sobre las diversas fuentes de financiamiento, por ejemplo, donde obtuvieron apoyo para la producción y para la construcción de las estructuras, y como consecuencia de la gestión de los fondos, la cantidad de estructuras que poseen y el área total bajo invernaderos.

Sección 2. Historia de producción bajo las estructuras. En esta sección se tomaron en cuenta variables como los años de experiencia en producción de hortalizas tanto a campo abierto como dentro de las estructuras. Los cultivos y las variedades utilizadas, épocas de cosecha, y los criterios que toman en cuenta de selección de estas. También se consideró información sobre los principales problemas que han tenido en la producción bajo invernadero; las prácticas o acciones realizadas para solucionar los problemas, los criterios utilizados y las fuentes de información que consideraron para tomar decisiones. Las fuentes de información se clasificaron como se menciona en el acápite 3.4.1C. Además se les pidió a los productores información sobre otras prácticas que realizan con enfoque agroecológico, las razones por qué las utiliza y las limitantes que tiene para incorporarlas en el sistema de producción.

Sección 3. Comercialización. En esta sección se incluyó información sobre la duración de último ciclo de cultivo, los rendimientos obtenidos, los costos de producción, los ingresos y los mercados donde vendieron la producción. Se consideró también la forma en que los productores venden su producción: si es individual o colectiva, si es en el campo o tienen que transportarla, si es a granel o clasificada, y si se reciben un pago extra por calidad.

Sección 4. Producción bajo ambiente controlado en relación con la producción a campo abierto. Para obtener esta información se preguntó a los productores sobre las principales ventajas y desventajas de la producción en invernaderos, la relación entre los costos y de las aplicaciones de agroquímicos dentro y afuera de las estructuras y el manejo del cultivo en el invernadero.

3.4.3 Caracterización de las estructuras de invernaderos

Se utilizó una boleta de campo para caracterizar las estructuras de producción que utilizan los productores de hortalizas (Anexo 4); se consideró las siguientes variables:

- **Área de la estructura:** en metros cuadrados.

- **Forma de la estructura:** se refiere a la forma del techo de la construcción, si es plano, capilla con una o dos aguas, semicircular.
- **Materiales estructurales:** estos son los materiales del armazón de la estructura, generalmente se usan madera o tubo galvanizado, se consideró si se pueden obtener localmente.
- **Materiales de cubierta:** es el material que cubre el techo y las paredes de la estructura, en el trópico los más usados son mallas antivirus y polietileno, se consideró su vida útil y las características de reusable y/o reciclable.
- **Ventilación:** la capacidad entrada de aire frío y salida de aire caliente que presenta la estructura, la cual es importante para mantener las condiciones adecuadas de temperatura y humedad relativa dentro de esta. Se tomó nota de la presencia o ausencia de ventanas de ventilación, ubicación de las ventanas: laterales o en techo, área de las ventanas en relación a la de la estructura, ventilación eficiente o deficiente.
- **Ubicación de la estructura:** en cuanto a la orientación de manera que reciba suficiente luz el máximo de horas por día (de Norte a Sur o de Este a Oeste); accesibilidad y topografía del terreno (plano, ligeramente inclinado e inclinado). Además se consideró que algunos productores nivelaron el terreno, antes de colocar las estructuras.
- **Riego:** presencia o ausencia de sistemas de riego, tipo de sistema de riego (goteo o aspersión), dado que el exceso de humedad en el suelo eleva los porcentajes de humedad relativa.
- **Medidas de protección fitosanitarias:** se consideró si cuenta con malla anti-áfidos, doble puerta, pila de desinfección de zapatos, drenajes externos, entre otros para evitar el acceso de plaga y enfermedades a las estructuras.

3.4.4 Caracterización del sistema de producción dentro de los invernaderos

Se utilizó una boleta de campo (Anexo 5) para caracterizar el agroecosistema dentro de la estructura. Esta permitió obtener información sobre indicadores de manejo de cultivo, indicadores de salud de cultivo e indicadores de salud del suelo, de esta forma se logró un índice que representara el nivel en que se encuentra cada productor para cada uno de los

anteriores aspectos. A cada indicador se dio valores de 1 a 5, siendo 1 el de menor valor agroecológico y 5 el de mayor.

Como **indicadores del manejo del cultivo** se consideró: la diversidad del agroecosistema, la preparación del terreno, fertilización e insumos utilizados, manejo de enfermedades e insumos para el manejo, manejo de plagas e insumos utilizados, así como el manejo de hierbas e insumos.

En cuanto a los **indicadores de salud del cultivo** se tomaron: la apariencia, el crecimiento del cultivo, incidencia de enfermedades, competencia por malezas y daño de plagas.

Los indicadores de salud de suelo evaluados fueron: características físicas: estructura, infiltración y retención de humedad; profundidad del suelo; color, olor y materia orgánica y cobertura del suelo.

3.4.5 Análisis estadísticos

Con los datos de las variables referentes a la caracterización de los productores, las estructuras y los agroecosistemas se elaboró una base de datos y se hizo un análisis de componentes principales para escoger las variables de mayor varianza, para explicar las diferencias entre productores. Con las variables seleccionadas se realizó un análisis de conglomerados, que permitió agrupar los productores y las estructuras. Dado que se consideró variables cualitativas y cuantitativas se utilizó una distancia obtenida a partir de la similaridad de Gower y se usó el método de Ward.

3.5 Tercera fase de la investigación: seguimiento a productores típicos del sistema de producción hortalizas en invernadero

Dado que los grupos de productores formados, en la fase anterior, no mostraron diferencia entre ellos, en cuanto a las variables socioeconómicas, de conocimientos, prácticas de manejo en la producción y nivel de tecnologías utilizada. Se concluyó que se trata de una población homogénea. Por lo tanto, al contar con una población uniforme, esta tercera fase la investigación se realizó con cuatro productores representativos de la población, a los cuales se les dio un seguimiento personal por medio de visitas quincenales, durante dos meses. El principal criterio de selección utilizado fue la disponibilidad de los productores de participar

en el estudio y que el invernadero estuviera sembrado, sin importar la etapa fenológica: presiembra, siembra o trasplante, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y cosecha. No obstante los productores seleccionados tienen algunas diferencias en cuanto a las estructuras (Cuadro 2). Durante el desarrollo del seguimiento dos de los productores finalizaron el cultivo, por lo anterior con ellos se hicieron solamente tres visitas de las cinco programadas.

Cuadro 2. Productores de Chile y tomate bajo invernadero en diferentes etapas fenológicas, con diferentes estructuras de invernadero a determinada altura sobre el nivel del mar, a quienes se les dio el seguimiento en la finca durante la tercera fase de la investigación

Código*	Descripción del Invernadero	Msn m	Cultivo	Etapas del cultivo
EL-IC	Techo capilla dos aguas con 5 m de altura, pendiente menor a 5%, malla antiviral 25 mesh medidas de 11*52m,	1910	Tomate	Floración-fructificación
EC-IP	Techo plano terreno con 3 m de altura pendiente entre 5-10%, malla antiviral 50 mesh medidas de 7*65m,	1838	Tomate	Crecimiento vegetativo-
EC-IC	Techo capilla dos aguas con 5 m de altura, pendiente menor a 5%, malla antiviral 25 mesh medidas de 12*50m,	1838	Chile	Floración-fructificación
JF-IC	Techo capilla dos aguas con 5 m de altura, pendiente menor a 5%, malla antiviral 50 mesh medidas de 11*52m,	1829	Chile	Floración-fructificación
EH-IC	Techo capilla dos aguas con 5 m de altura, pendiente menor a 5%, malla antiviral 50 mesh medidas de 11*52m,	1838	Tomate	Cosecha

*Código= identifica en el resto del documento el nombre del productor y tipo de invernadero
Msnm= metros sobre el nivel del mar

Durante las visitas se hicieron observaciones directas tomando datos mediante boletas de campo diseñadas con este fin, sobre los siguientes grupos de variables:

Prácticas de cultivo: Se tomaron datos sobre todas las prácticas utilizadas, insumos aplicados y criterios usados en la toma de decisiones, fuentes de información, conocimiento sobre el problema, gestiones realizadas por el productor para búsqueda de información y recursos, y las perspectivas que mantiene el productor de su cultivo (Anexo 6).

Evaluación de la sanidad del cultivo: Durante las visitas quincenales a los invernaderos se realizaron muestreos de la presencia y daño de plagas y enfermedades (Anexo 7). Para el muestreo se tomaron seis puntos al azar en forma de zig-zag y en cada punto se analizaron 6 plantas. En cada una de las plantas se evaluó la incidencia y severidad de las enfermedades, se hizo conteo de insectos plagas y daño de estos (Anexo 13), además se anotó el vigor de las plantas.

Para la **evaluación de enfermedades** como *Botrytis cinerea* y el Mildiu o Oidium (*Oidiopsis sp*) se evaluó la incidencia o porcentaje de plantas con síntomas (número de plantas enfermas/número de plantas muestreadas) x100. En Chile la incidencia *Botrytis cinerea* se evaluó en el aborto floral y caída de fruto, y en el caso de tomate fue evaluada con lesiones en el tallo. Por otro lado se evaluó, en las plantas muestreadas, la severidad según la cantidad del tejido afectado de *Phytophthora infestans* y *Alternaria sonali*.

Con respecto a **plagas**, se evaluó únicamente la presencia de adultos y ninfas de la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) en tomate y de áfidos (*Aphis gossypii*) en Chile, dado que fueron las plagas presentes durante los muestreos. Debido a que las poblaciones de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) fueron altas, se utilizó la metodología de muestreo propuesta por Andreas (1996). Se elaboró una escala de categorías con el número de adultos por foliolo, las categorías fueron: ningún adulto (0), 1-12 (0.5), 13-25 (1), 26-50 (2), 51-75 (3), 76-100 (4) y >100 (5). Los resultados del muestreo se convirtieron en un índice medio de infestación (IMI), el cual se calculó con la cantidad de observaciones en cada categoría de infestación multiplicadas por la cifra que representa a cada categoría, la sumatoria de las categorías se dividió entre el número total de muestras. Con los datos del IMI, obtenidos en cada muestreo, se elaboró la curva de comportamiento de la mosca blanca. En el caso de áfidos (*Aphis gossypii*) las poblaciones fueron bajas y el problema se presentó durante dos muestreos, por lo que solamente se tomó la cantidad de población.

Además, se tomaron datos de incidencia de fumagina en las plantas que tenían presencia de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) y áfidos (*Aphis gossypii*). Lo anterior debido a que se sabe que la presencia de estos insectos favorece el desarrollo de este.

Evaluación de la fertilidad del suelo: Se realizó un **análisis químico-físico** del suelo en cuatro de los cinco invernaderos. Las muestras de suelo fueron compuestas por seis sub-muestras, tomadas en zig-zag a una profundidad de 10 cm, luego fueron homogenizadas y colocadas en bolsas plásticas debidamente identificadas y posteriormente llevadas al laboratorio de suelos del CENTA para el análisis. En donde se tomó la textura, los contenidos de: materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, CICE y acidez intercambiable del suelo. Debido al posible impacto en la fertilidad del suelo, en los casos

donde realizó la nivelación del terreno, se tomaron tres diferentes tipos de muestras: una sobre la cama, la segunda sobre la calle y otra afuera del invernadero.

Evaluación de la salud del suelo: La presencia de lombrices, se consideró como un indicador de salud del suelo, por lo cual se realizó un muestreo con seis puntos al azar en un cuadrado de 30x30 cm y 20 cm de profundidad, donde se sabe la actividad de estos organismos es más concentrada. En cada una de las muestras se contaron la cantidad de lombrices presentes.

Microclima dentro de las estructuras: Para establecer si las condiciones microclimáticas dentro de la estructura son las adecuadas para el cultivo. En tres invernaderos se colocaron higrotermómetros para medir la temperatura y la humedad relativa. Los invernaderos donde se tomaron estas variables fueron tres, EL-IC, EC-IC y EC-IP descritos en el Cuadro 2. Se realizó en estos ya que fue donde los productores mostraron disposición de tomar los datos. El tiempo de monitoreo fue durante 45 días, para lo cual se tomaron datos de temperatura y humedad relativa tres veces al día, por la mañana, al medio día y por la tarde (Anexo 8).

3.6 Análisis de la información

La información obtenida durante las tres fases de la investigación fue analizada mediante la metodología cualitativa de triangulación ya que se obtuvo información proveniente de distintas fuentes y diferentes herramientas: entrevistas con actores del sistema, seguimiento y observación directa del investigador e información secundaria. La triangulación se refiere a la combinación de diferentes técnicas de indagación o diferentes puntos de vista u opinión, con el fin de lograr hallazgos complementarios y desarrollar el conocimiento relativo a un determinado objeto de estudio (Vera 2005, Vera y Villalón 2005). Lo anterior permite una mayor precisión en la investigación. Además los datos obtenidos se presentan en forma de estadística descriptiva mediante, diagramas, matrices, promedios y porcentajes.

3.7 Diseño de una propuesta para aprovechar el conocimiento y la capacidad de innovación de los actores involucrados en los sistemas de producción bajo ambiente en la zona de San Ignacio-La Palma como alternativa para lograr el cultivo de hortalizas limpias en la región de Trifinio

Con los resultados de la investigación se elaboró una propuesta para desarrollar la capacidad de innovación en el manejo agroecológico de cultivos bajo ambiente controlado. Para su diseño se usó la información obtenida en las etapas anteriores de la investigación, giras exploratorias, entrevistas, monitoreo de las prácticas agrícolas y las limitantes y oportunidades encontradas y otras observaciones en el campo. La propuesta se elaboró con las características mencionadas por Berrios (2006) para la difusión de las innovaciones. Entre las cuales están: que supla las necesidades del productor, que sea fácilmente aplicable y entendible, que permita realizar pruebas con grupos de productores y finalmente que se pueda observar su aplicación.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización del estado actual y uso de tecnologías en los sistemas de producción en ambiente protegido en la Región Trifinio

Según la información recopilada durante la primera fase de esta investigación los sistemas de producción de hortalizas bajo ambiente controlado en la Región Trifinio, se caracterizan por el empleo de estructuras de bajo costo, con reducido consumos de energía orientado principalmente a controlar la precipitación, los vientos y la entrada de plagas con mínimo manejo del clima generado bajo la estructura. Las descripciones de los principales tipos de tecnología identificados se muestran en el Cuadro 3:

Cuadro 3. Características de los diferentes tipos de tecnologías para la producción bajo ambiente controlado, presentes en la Región de Trifinio

Tecnologías utilizadas	Características			
	Descripción	Medidas	Materiales*	Usos
Malla Cobertora	Cubierta flotante que se coloca sobre el cultivo los primeros 45 días.	Simplemente es colocada sobre el cultivo Largo: según la cama de siembra	Malla cobertora de polipropileno (Agribon P-17 o agril)	Protege de plagas al cultivo en las primeras etapas de desarrollo (más crítica)
Microtúnel	Cubierta sobre arcos en forma de túnel se ubican sobre la cama de siembra	Altura: máxima de 1m Largo: según la cama de siembra	Arcos de pvc o alambre grueso, Malla cobertora de polipropileno (Agribon P-17)	Protege de plagas a los cultivos en el primer mes o durante todo el ciclo en los cultivos de bajo porte
Macrotúnel	Cubierta permanente sobre arcos en forma de túnel que se coloca en cultivos de crecimiento indeterminado	Altura: máxima de 3 m Ancho: 3 m Largo de 10 a 20 m	Arcos de pvc cubiertos con malla cobertora	Protección de plagas a los cultivos de crecimiento indeterminado
Casa malla	Construcción con techo y paredes cubiertos de zaran o malla anitvirus	Altura: 4.5 m Largo: 12 m Ancho: 60 m	Malla antiviral de 50 mesh, Zaran , tuvo de hierro galvanizado	Protección de plagas a los cultivos en la época seca, no se usa durante la época lluviosa por el desarrollo de patógenos
Invernaderos	Estructura permanente, con techo plano (IP) ubicados en terrenos con pendientes (entre 5 y 20%) o capilla (IC) dos aguas con o sin ventana cenital (pendientes menores de 5%)	IC= Altura: parte más alta 5.5 m y la más baja 3.0 m; largo: 9-13 m, ancho: 52-70 m, ventana cenital: 0.75 m IP= altura: 3 a 4 m Ancho: 6 a 12 m Largo: 32-50 m	Techo cubierto con plástico UV, paredes con malla antiviral de 25 o 50 mesh, estructura de madera.	Protección del cultivo de las plagas, control de la precipitación y reduce el desarrollo de enfermedades

*Para todas estas tecnologías se utiliza riego por goteo

En las cuatro zonas de estudio la tecnología de cultivo bajo ambiente protegido es reciente, máximo tres años. Esta fue introducida por diferentes proyectos de desarrollo y ha sido adoptada rápidamente por algunos productores debido a los beneficios que representa en cuanto a la reducción de plaguicidas en un aproximadamente 50-75% y por lo tanto la sanidad del producto. Además se obtiene buena rentabilidad, en los invernaderos se obtiene en promedio un ingreso neto de \$6910 en 572 m².

4.1.1 Estado actual del uso de la tecnología de ambiente controlado en las cuatro diferentes zonas

Durante la gira exploratoria se observó en el **Municipio de Metapán, El Salvador** que los sistemas de ambiente controlado utilizados son la malla cobertora de agril o agribón, y los microtúneles (Cuadro 3). No obstante, durante la entrevista a los presidentes de las organizaciones de productores ubicados en los alrededores del municipio de Metapán, tales como ACOPASEMARRA de R. L. y la Asociación de Regantes de la Cuenca del Rio San José (ARCRISJ), manifestaron su interés en experimentar la producción de tomate en macrotúneles, lo anterior con apoyo del Proyecto Innovaciones del CATIE financiado por el Gobierno de Noruega.

Las estructuras permanentes como los invernaderos no se han utilizado en esta zona posiblemente debido a las condiciones climáticas, principalmente las temperaturas (entre 23.9 y 32.3°C). Estas son muy altas para mantener temperaturas adecuadas en el interior de un invernadero, tendrían que aumentar el nivel de tecnología e instalar sistemas de enfriamiento (nebulizadores, aire acondicionado, extractores de calor) que implican una inversión mayor. Como es conocido en el interior de los invernaderos, donde no se manejan las condiciones microclimáticas, las temperaturas son más altas que la que se presentan en el exterior de la estructura (Macedo Pezzopane *et al.* 1995, Shany 2003). Los productores que utilizan sistemas protegidos en esta zona son quienes tienen la capacidad económica de invertir en estas tecnologías. En la zona tienen la ventaja que la mayoría de las áreas de cultivo de esta zona son de fácil acceso, con carreteras en buen estado, durante la mayor parte del año. Además se encuentran cercanas del mercado de Metapán, en donde es vendida la producción.

En los Municipios de Sinuapa-Ocotepeque según la información proporcionada por los técnicos del Programa Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores (EDA) el auge de la producción en invernaderos es más reciente, aproximadamente de un año y por lo tanto los productores están en el primer ciclo de producción. EDA es ejecutado por Fintrac Inc y financiado por la Cuenta de Desafío del Milenio (MCA) de Honduras, estará vigente hasta marzo del 2011 (MCA-Honduras 2009). En la región hay tres invernaderos cultivados, su construcción costó \$5400, equivalente a \$9.50 por metro cuadrado. Para la construcción de los invernaderos, el Programa EDA donó a los productores un promedio de \$4,100 por invernadero que incluía los materiales (Cuadro 3), como parte de sus objetivos de aumentar los ingresos de productores de cultivos de alto valor. Los productores fueron responsables un promedio de \$1,300 por invernadero, para cubrir los costos de mano de obra y los materiales misceláneos (MCA Honduras, EDA 2007)



Figura 2. Sistemas protegidos utilizados en Sinuapa-Ocotepeque, Ocotepeque, Honduras.

Durante la gira se observó que los invernaderos son de tipo capilla con ventana cenital (Figura 2), con una superficie de 572 m². Tanto las observaciones como la información aportada por los productores y técnicos permitió concluir que en comparación con las otras regiones, en esta zona es donde se han tomado más en cuenta los criterios para la selección del terreno y las medidas de bioseguridad recomendadas para la construcción de invernaderos (Mateo 2001, Rodríguez y Jiménez 2002, Barrios 2004). Entre eso criterios están la

construcción en terrenos ligeramente planos, en sitios donde el aire puede desplazarse libremente y la ubicación de este a oeste para el mayor aprovechamiento de luz. Con respecto a la bioseguridad, tienen entrada con doble puerta y cierre automático, un pediluvio con banodine en la entrada del invernadero para desinfectar los zapatos, y desinfectante para manos (Figura 2). Además, tomando en cuenta lo mencionado por Macedo Pezzopane *et al.* (1995) y Shany (2003) que la temperatura interna es mayor a la exterior, se puede concluir que en la zona se presentan temperaturas adecuadas para esta tecnología, en el exterior varían entre 16.1 y 22.8 °C (Cayaguanca 2009).

Los productores mencionaron que los invernaderos son cultivados principalmente con tomate cuya producción es vendida a una compañía regional comercializadora de frutas y hortalizas (Hortyfruty), estos distribuyen el producto en supermercados de San Pedro Sula, Honduras. Tanto para la producción como para la comercialización, los productores reciben visitas y asistencia técnica del técnico de EDA, principal fuente de información para el manejo en los invernaderos. Además, estos productores están organizados, pertenecen a la Cooperativa Regional Agricultores Unidos Ltda. (COPRAUL) que, a través de una organización de proveedores de servicios agropecuarios empresariales (CELTA), les ofrece capacitación en temas agroecológicos y de agronegocios.

Los municipios de Jocotán- Camotán pertenecen a la región de la etnia Chortí, la que se caracteriza por tener suelos degradados y poco fértiles, sus pobladores se dedican a la agricultura de subsistencia. Por lo anterior, en esta zona la tecnología fue llevada para aportar a la seguridad alimentaria, diferente a las otras zonas donde se utilizan mejorar la producción y aumentar rendimientos. En el 2004 la FAO a través de su Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) en Guatemala, apoyó la construcción de aproximadamente 25 invernaderos, en estos municipios, mediante la donación de materiales o mediante apoyo para el acceso a créditos. El objetivo con estos invernaderos fue reducir los impactos del clima sobre los cultivos y mejorar la seguridad alimentaria familiar, por lo que la propiedad es de grupos de hasta cinco familias (PESA-Guatemala 2005). También otras organizaciones locales, como los Consejos de Desarrollo de cada municipio, que han gestionado donación de estructuras.

Se observó que el tipo de invernadero predominante en esta zona es el tipo plano o parral (Cuadro 3) con la característica de las paredes cubiertas mitad con plástico en la parte de abajo y la otra mitad con malla anti virus; de los cuales algunos fueron construidos en terrenos con pendientes de hasta un 20% (Figura 3). Como resultado el microclima interior, durante la época seca, es sub óptimo para el cultivo de hortalizas, se presentan altas temperaturas que ocasionan daños por quemadura al cultivo. La exposición prolongada a temperaturas superiores a los 30°C, detienen el crecimiento en cultivos como el tomate y chile ocasionando daños a la planta (Tigchelaar 2001, Cox 2000, Rodríguez *et al* 2001; Rodríguez *et al* 2006). Debido a lo anterior los productores han optado por no utilizar las estructuras en dicha época. Por lo tanto, aumentó el tiempo la recuperación de los costos de inversión.



Figura 3. Invernaderos tipo parral utilizados en Jocotán-Camotán, Chiquimula, Guatemala

Debido a las estructuras inadecuadas y a otros problemas que se les presentaron a los productores, actualmente únicamente hay 8 estructuras en buen estado. Entre los principales problemas presentados están: los fuertes vientos que dañaron y destruyeron las estructuras; el difícil acceso (calles en mal estado y pendientes muy escarpadas) que aumenta el costo de transporte. Además, no cuentan con un mercado diferenciado la producción es vendida en el mercado de Jocotán o de Chiquimula. Lo anterior, aunado que los productores no reciben asistencia técnica para el manejo adecuado de los cultivos.

Otro tipo de tecnología promovida, por PRODERT-Guatemala (Proyecto de Desarrollo Rural Sostenible en Zonas de Fragilidad Ecológica en la Región del Trifinio), es el uso de casas malla (Cuadro 3), en zonas menores a los 900 msnm. Debido a que no tienen techo impermeable (Figura 4) no es posible controlar la cantidad de agua que ingresa a la estructura, en la época lluviosa se presentan porcentajes de humedad relativa favorables para

el desarrollo de patógenos. Porcentajes de humedad relativa mayores a 70% favorecen el desarrollo de diversos patógenos (Ayala *et al.* 1991, Cano *et al.* 2002, Nuez *et al.* 2003 y Körner y Holst 2005). Por lo anterior los productores mencionaron que han optado por sembrar únicamente en la época seca, en consecuencia no alcanzan los mejores precios del mercado que se dan en época lluviosa.



Figura 4. Casa malla utilizados en Jocotán-Camotán, Chiquimula, Guatemala

En los Municipios San Ignacio-La Palma, Chalatenango, El Salvador, se observó que el sistema protegido utilizado es principalmente de tipo invernadero. Según la información proporcionada por los productores entrevistados el uso de esta tecnología inició hace 2 a 3 años; impulsada por el Programa de Diversificación Agrícola de El Salvador, ejecutado por una ONG internacional (Fintrac Inc) y financiado por la Agencia para el Desarrollo de los Estados Unidos (USAID). El programa estuvo vigente hasta junio del 2009.

La zona fue seleccionada para promover esta tecnología, gracias a que presenta las condiciones climáticas de temperatura adecuadas (promedio 20 °C) para utilizar estas estructuras. Fintrac promovió la construcción de 30 invernaderos rústicos 572 m², con un costo aproximado de \$5000.00, equivalente a \$8.74 por metro cuadrado. El proyecto financió el 60% de los costos que incluyó el sistema de riego completo con un tanque de fertilización y los materiales de la estructura (Cuadro 3), el restante 40% fue aportado por los productores beneficiarios, con mano de obra y madera (Fintrac Harvest 2006). Estos productores recibieron seguimiento o asistencia técnica mediante visitas semanales y recomendaciones para el manejo del cultivo, mientras duró el programa.

Durante la gira se observó que el principal diseño de las estructuras es el tipo capilla a dos aguas (Cuadro 3) y doble puerta en la entrada, siendo esta última una de las pocas medidas de bioseguridad implementadas. Sin embargo, hay una tendencia a eliminar la ventana cenital y la doble puerta, para reducir costos en las estructuras nuevas (Figura 5).

Mateo (2001), Rodríguez y Jiménez (2002), Barrios (2004) mencionan las medidas de bioseguridad, para evitar el ingreso de patógenos y plagas, como uno de los factores más importantes a considerar en el cultivo bajo invernadero. Por lo que no tomarlas en cuenta y eliminar la doble puerta podría conllevar a mayores riesgos en cuanto a la facilidad para el ingreso de plagas.



Figura 5. Sistemas protegidos utilizados en San Ignacio-La Palma, Chalatenango, El Salvador.

Muchos productores han hecho terrazas, algunas de hasta 3 metros de alto, para lograr superficies ligeramente planas (pendientes $< 5\%$) que permitan la construcción de los invernaderos tipo capilla. Sin embargo, la tendencia que se presenta actualmente, es de estructuras tipo parral o techo plano (Figura 5), adaptadas a terrenos con pendientes arriba del 5% y ahorrar los costos de nivelación del terreno, además de reducir el impacto generado sobre el suelo. Sin embargo, los invernaderos tipo parral tienen problemas en cuanto al desplazamiento del aire, ya que su ventilación es deficiente. Por lo tanto el riesgo de desarrollo de enfermedades es mayor (Rodríguez y Jiménez 2002, Shany 2003 Mimoso 2003, Miranda y Martínez 2007). Aunado, a que al estar en un terreno con mayor pendiente el riego no es uniforme y se presenten zonas con mayor acumulación de agua que generan las condiciones propicias para el desarrollo de patógenos y plagas.

A raíz del éxito observado en la producción de cultivos bajo invernadero, tanto los productores que recibieron apoyo para construir los invernaderos como los que no lo recibieron, decidieron invertir en nuevas estructuras. Después de 3 años del inicio del programa, existen aproximadamente más de 54 estructuras, las cuales están en áreas con fácil acceso, con carreteras en buen estado, durante la mayor parte del año. Además, se encuentran a una distancia aproximada de 110 km de San Salvador, El Salvador donde es vendida la mayor parte de la producción, ya sea en el Mercado Nacional de venta al mayoreo (La Tiendona) o en supermercados.

4.1.2 Selección de la zona de estudios y de la tecnología de ambiente protegido prevaeciente en la zona

El análisis de la información obtenida por medio de las observaciones y las entrevistas realizadas durante la gira exploratoria, complementadas por información secundaria, permitieron con base en el cumplimiento de los criterios establecidos previamente, seleccionar la zona San Ignacio-La Palma, para desarrollar las dos siguientes fases de la investigación, o sea la evaluación del conocimiento y la capacidad de innovación para la producción en ambiente controlado de. En el Cuadro 4 se observa que la zona de la región que obtuvo un mayor porcentaje en cuanto al cumplimiento de los criterios fue San Ignacio-La Palma (95%), seguida por Sinuapa-Ocotepeque (53.5%), en tercer lugar Jocotán-Camotán (36%) y finalmente Metapán (27.5%). San Ignacio-La Palma obtuvo el mayor porcentaje ya que fue donde se encontró mayor auge de la tecnología en cuanto al número de estructuras encontradas, al estado de estas y el uso que mantienen durante todo el año (Anexo 12). Siendo los invernaderos el tipo de tecnología más abundante, es por ello que se seleccionó para desarrollar las siguientes dos fases de la investigación.

Cuadro 4. Grado y porcentaje asignado a cada zona según el cumplimiento de los criterios de evaluación del estado actual del uso de la tecnología en ambiente controlado prevaeciente el cada una de las zonas

Criterios de evaluación	Metapán		San Ignacio-La Palma		Sinuapa-Ocotepeque		Jocotán- Camotán	
	Nulo	0	Alto	25	Medio	12.5	Medio	12.5
1. Sistemas protegidos en producción o próximos a siembra	Nulo	0	Alto	25	Medio	12.5	Medio	12.5
2. Auge en el uso de la tecnología	Nulo	10	Alto	20	Bajo	4	Bajo	4
3. Acceso	Medio	10	Alto	20	Medio	10	Bajo	2
4. Zona óptima para la tecnología	Medio	8	Alto	15	Alto	15	Medio	7.5
5. Tipo de estructuras utilizadas y el estado	Nulo	0	Alto	10	Bajo	2	Medio	5
6. Nivel de tecnologías utilizadas	Nulo	0	Medio	5	Alto	10	Bajo	5
Total Porcentaje	27.5%		95%		53.5%		36%	

Alto: el criterio se cumple en un 100%, del valor total asignado. Medio, el criterio se cumple en un 50% del valor total asignado. Baja, el criterio se cumple en un 20%del valor total asignado. Nula, no cumple con el criterio, equivalente a 0%.

4.2 Sistema de innovación y estado del conocimiento agrícolas en producción invernaderos en San Ignacio-La Palma

Durante la gira exploratoria y la revisión de información secundaria consultada, se encontró que los principales actores que impulsan el sistema de innovación en la zona alta de San Ignacio-La Palma son los productores y los proveedores de servicios. Entre los proveedores de servicio, según el orden de importancia, se encuentran: las ONG, instituciones gubernamentales y locales, además están las organizaciones de productores.

4.2.1 Caracterización de los productores de hortalizas en invernaderos

De acuerdo a la información obtenida en las entrevistas a los productores de San Ignacio-La Palma, se encontró que tienen otras fuentes de ingresos: la producción de hortalizas a campo abierto de papa, repollo entre otras, y en menor escala por actividades como: comercio, granos básicos, café y ganadería. Únicamente, tres productores dependen exclusivamente de los ingresos del invernadero. Esto no se aleja de la realidad de los pequeños productores de Latinoamérica los que tienen una amplia gama de ingresos provenientes de actividades tanto dentro como fuera de sus fincas (Junkin *et al.* 2005). Además, el 22% de los productores se han asociado entre parientes y/o amigos para afrontar los altos costos de inversión en la estructura que requiere de un largo plazo de recuperación, tres años aproximadamente (Anexo 10).

En el Cuadro 5 se muestra el porcentaje de productores organizados. Podemos observar que el 43% de los productores no pertenecen a un grupo organizado y manifestaron no interesarles pertenecer a alguno, esto porque según mencionaron no tienen buenas referencias de estas organizaciones. Los demás productores mencionaron que pertenecen a diferentes organizaciones de la zona, aunque la mayoría no son miembros activos. Es posible que estas organizaciones no cumplan con los factores condicionantes para que un individuo pueda actuar en colectividad, tales como: los lazos de confianza entre los individuos, normas que se cumplen, mecanismos de monitoreo y sanciones, y que los beneficios sociales y económicos de estar organizado sean mayores a los de no estar organizado (Ostrom 2003, Junkin *et al.* 2005). En el Cuadro 5 también podemos observar que la organización que mayor número de productores agrupa es la Cooperativa El Buen Sembrador, ubicada en Los Planes, sin embargo esta tiene poco tiempo de formada y debilidades en cuanto a la

organización empresarial, además esta organización no está involucrada directamente en la producción bajo invernadero.

Cuadro 5. Porcentajes de productores en invernaderos organizados y no organizados, Según entrevista con los productores

Organización	% de productores*
No organizado	43
Cooperativa el buen sembrador	21
Organizaciones no constituidas legalmente	11
Asociación de agricultores de Papa	7
ADIZAL (Asociación de Desarrollo Integral de la Zona Alta de Chalatenango)	7
ACOOPAFH (Asociación Cooperativa Los Planes de agricultores de Hortalizas y Frutas)	7
ACOPO (Asociación Cooperativa de Productores Orgánicos)	4

*N= 28 productores entrevistados

4.2.2 Caracterización de los proveedores de servicios que tienen o podrían tener influencia en sistema de innovación de la producción bajo ambientes protegidos

La zona alta de San Ignacio-La Palma tiene de particular interés para el desarrollo agropecuario y turístico de El Salvador, debido al clima frío y a las condiciones de montaña únicas en el país. Por lo anterior, durante la identificación de los proveedores de servicios del sistema, se encontró una diversidad de instituciones, ONG y organizaciones de productores que mantienen proyectos de desarrollo en esta zona. El Cuadro 6 muestra la oferta de servicios que hay en la zona, tanto de los agentes internos (organizaciones de productores y asociaciones locales) como externos (ONGs). Además se puede observar que cada uno de los proveedores de servicios persigue objetivos diferentes y con énfasis en distintas áreas de interés y servicios. Esta realidad no se aleja a la descrita por Berdegú y Escobar (2001), que mencionan como una de las características de los sistemas de innovación en países en desarrollo, es la diversidad de tipos de organizaciones con objetivos particulares, que utilizan diversos mecanismos para plantear y diseñar las actividades, entre ellas la oferta de servicios.

Según las entrevistas, algunos de los proveedores de servicios trabajan directamente con producción de hortalizas en San Ignacio-La Palma, como las ONG que manejan proyectos financiados por donantes (CATIE, CLUSA, FINTRAC) y son de las principales fuentes de información para los productores. Mientras que, organizaciones de productores,

tales como ACOPO, ACAMCERTA y ADIZAL; la institución de la extensión e investigación agrícola del gobierno (El CENTA) y la Asociación de Municipios de Cayaganca facilitan la gestión de recursos y la ejecución proyectos locales (Cuadro 6). No obstante, de todos estos proveedores de servicios únicamente el representante de FINTRAC mencionó que la producción en ambiente controlado es parte de los objetivos de los proyectos que ejecutan actualmente, y ejecuta el Programa de Diversificación Agrícola financiado por USAID, el cual finalizó en junio de este año (2009).

Representantes de ONGs como CLUSA y de organizaciones como Asociación de Municipios Cayaganca, mencionaron que debido al éxito y el auge de esta tecnología decidieron gestionar nuevos proyectos para apoyar la producción en invernadero. Sin embargo, también mencionaron que tienen muy poco personal con muy poca o nula experiencia (1 o 2 años) en invernaderos. Por lo tanto, estas organizaciones también requieren de un proceso de capacitación del recurso humano. No obstante, estas tienen el potencial para desarrollar esas habilidades, mediante diferentes formas de gestión de conocimiento tales como: capacitación de personal, contrataciones, acuerdos empresariales, estrategias en común con otras ONGs (Berdegú y Escobar 2001)

Por otra parte, los representantes de las organizaciones de productores tales como ACOPO y ADIZAL, manifestaron interés en el sistema de producción en invernadero, al observar los rendimientos obtenidos. Por lo cual han iniciado con la gestión de fondos para que sus socios puedan incursionar en estos sistemas de producción. Además están interesados en innovar la producción actual convencional bajo invernadero transformándola en producción orgánica. Sin embargo, consideran que para ello necesitan conocimientos de manejo de cultivos en invernadero y conocimiento de mercados orgánicos. Las organizaciones de productores deben estar preparadas para participar en el desarrollo y transferencia de tecnología, los miembros deben comprender la complejidad del sistema y saber gestionar los fondos hacia beneficios de sus miembros (Carney 1996).

Cuadro 6. Caracterización según el tipo de organización, las áreas de trabajo y los servicios que ofrecen los actores actuales y/o potenciales que prestan servicios en el sistema de innovación en la producción bajo ambiente protegido

Nombre	Tipo org	Áreas de trabajo	Servicios que ofrecen
ACOPO	Org. de productores	Producción orgánica de hortalizas, empaques y mercadeo	Asesoría técnica, insumos orgánicos, insumos en consignación a los socios, centro de acopio para lavado y selección, empaque y la comercialización del producto
ACAMCERTA	Org. de productores	Producción de flores y hortalizas con insumos orgánicos, mercadeo	Capacitación en la elaboración de insumos orgánicos, experimentación en pequeñas parcelas, insumos en consignación a los socios
ADIZAL- GAT	Org. de productores	Ecoturismo, producción de hortalizas y flores, incorporación de insumos orgánicos en la producción y mercadeo	Agroturismo, venta de abonos orgánicos y comercialización de la producción en Agromercado Las Pilas
CATIE- Innovación en hortalizas especiales	Centro de investigación y enseñanza*	Desarrollo empresarial rural, manejo agroecológico de los cultivos	Capacitación a proveedores de servicios en las áreas de agroecología y agronegocios, capital semilla para la ejecución de pequeños proyectos relacionados con las áreas de trabajo.
CATIE-RIEGO SOSTENIBLE	Centro de investigación y enseñanza*	Organización de grupos de cogestión para el manejo de riego, conservación de suelos en la producción de hortalizas, agroforestería y mercadeo	Asistencia técnica, instalación de sistemas de riego, incentivos como semillas de hortalizas y plantas de maderables y frutales
FINTRAC INC	ONG*	Incorporación de alta tecnología en la producción (fertiriego, cultivos protegidos), manejo integrado de plagas, buenas prácticas agrícolas, manejo pos cosecha y comercialización	Asistencia técnica personalizada en la finca, capacitación a productores en las diferentes áreas de trabajo, apoyo en la adquisición de los equipos y materiales requeridos
CLUSA	ONG sin fines de lucro*	Agricultura orgánica en hortalizas, flores, frutales y café	Organización y gestión empresarial, asistencia técnica en técnicas de producción orgánica, manejo poscosecha y conexión con mercados, aporte de recursos para la producción
.CENTA	Institución de gobierno*	Fortalecimiento de las organizaciones de productores, mercadeo, manejo agroecológico de los cultivos	Asistencia técnica, insumos agrícolas e investigación
ASOCIACIÓN CAYAGUANCA	Mancomunidad	Gestión empresarial y vinculación a mercados, mitigación de riesgos en la cuenca, fortalecimiento institucional en la municipalidades, diversificación agrícola: miel, gallinas y hortalizas	Asistencia técnica y capacitación en la diferentes áreas, microcréditos para producción

*son agentes externos que desarrollan proyectos en la zona

4.2.3 Interacciones y vínculos entre los proveedores de servicios y los productores

En el Cuadro 7 podemos observar las pocas interacciones existentes entre proveedores de servicios y los productores en invernadero, así como entre los mismos proveedores de servicios. Las pocas interacciones pueden ser una limitante en el intercambio de la información y el aprendizaje, ya que, como mencionan FAO y Banco Mundial (2000) la comunicación y coordinación de los actores en el sistema de innovación es importante para maximizar recursos y tener intercambios de experiencias y aprendizajes. Los vínculos entre las personas e instituciones promueven el aprendizaje mutuo y permite generar, compartir y utilizar tecnología, conocimiento e información relacionados con la agricultura, de esta manera es como funciona un Sistema de Información y Conocimiento Agrícola (SICA). Lo anterior quizás explica porque en la zona no existe una estrategia de desarrollo en la cual los todos deban basar sus objetivos y aportar al fortalecimiento de la capacidad de innovación de los productores.

Cuadro 7. Relación y nivel de coordinación entre los proveedores de servicios y los productores de invernadero en San Ignacio-La Palma

Actores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. ACOPO	-									
2. ACAMCERTA	B	-								
3. ADIZAL			-							
4. CATIE-Innovaciones	A	A		-						
5. CATIE-Riego Sostenible				A	-					
6. FINTRAC INC						-				
7. CLUSA	A	M	M		B		-			
8. CENTA				A				-		
9. Asociación Cayaguanca				A			B		-	
10. Productores en invernadero						A			B	-

Donde: A= Alta interacción M= Interacción media B= Baja interacción. De 1 a 9 se enumeran los representantes de las organizaciones entrevistados y el 10 es una media general de lo mencionado por los 28 productores entrevistados (Anexos 2 y 3).

Las interacciones más altas, en cuanto a la coordinación de actividades e intercambio de experiencias y aprendizaje, son las que mantiene CATIE-Innovaciones con ACOPO, ACAMCERTA, CENTA, Asociación Cayaguanca y CATIE-Riego Sostenible. Lo anterior es debido a el proyecto CATIE-Innovaciones la financia pequeños proyectos para el desarrollo empresarial y fortalecimiento de los proveedores de servicios. Otras interacciones de medias a altas son las que existen entre CLUSA y las organizaciones de productores.

De todos los proveedores de servicios mencionados, los productores en invernaderos mantienen una interacción alta con Fintrac y una baja con la Asociación Cayaguanca. Lo anterior debido a como se mencionó en el Item 4.2.2 son los únicos que prestan asistencia técnica para el manejo de cultivos en invernaderos. En el caso de las organizaciones de productores las relaciones de medias a altas las mantienen con CATIE y CLUSA, ya que les prestan asistencia técnica relacionada con producción agroecológica u orgánica.

Las ONGs, tales como CATIE, CLUSA y FINTRAC no mantienen relaciones entre sí, son de bajas a nulas (Cuadro 7). Lo anterior, debido a que cada proveedor de servicio responde a objetivos específicos, que no incluyen interrelaciones con los demás actores de su mismo tipo. No obstante, se ha demostrado que “la inversión en la comprensión del sistema y el desarrollo de redes intersectoriales de las relaciones formales e informales, durante un largo período de tiempo, favorecen el desarrollo de la innovación” (Carney 1996).

Las organizaciones locales y nacionales, como la Asociación Cayaguanca y el CENTA, mantienen vínculos o interacciones de medias a bajas con las demás organizaciones presentes en la zona (Cuadro 7). Idealmente estas organizaciones deberían tener una vinculación mayor, ya que son los que están en forma permanente y podrían darle apoyo a los productores al finalizar los proyectos y darle sostenibilidad a las innovaciones. Las ONG ejecutan proyectos que duran 2 o 3 años y generalmente se retiran de la zona, sin asegurar la continuidad de los cambios promovidos. La efectividad del sistema de innovación depende del grado de conexión existente entre los agentes y de su capacidad para absorber información y conocimientos (Yogel 2006).

4.2.4 Caracterización del sistema de innovación en invernaderos

La información obtenida mediante entrevistas a los proveedores de servicios y los productores permitió concluir que el sistema de innovación para la producción de hortalizas en invernadero en San Ignacio-La Palma es impulsado principalmente por los donantes (actores externos). Estos financian los proyectos que ejecutan las ONG locales, instituciones nacionales o/y internacionales; entre ellos Programa de Diversificación Agrícola ejecutado por Fintrac y financiado por USAID, que fueron quienes impulsaron esta tecnología (Figura 6). Los productores líderes, son seleccionados según los objetivos que persigan con el proyecto. Para lograr los productos se realizan actividades y eventos, como talleres y parcelas

demostrativas. La presencia de actores externos es importante para el desarrollo de la capacidad de innovación, ya que según Díaz Díaz *et al.* (2006) esta no solo depende del conocimiento interno, si no que se ve positivamente influida por los flujos externos del conocimiento. Sin embargo, Engel (2002) menciona que una de las limitantes, a menudo se asociada con las innovaciones impulsadas por los donantes, es la falta de sostenibilidad institucional, la cual puede colapsar si el donante se retira.

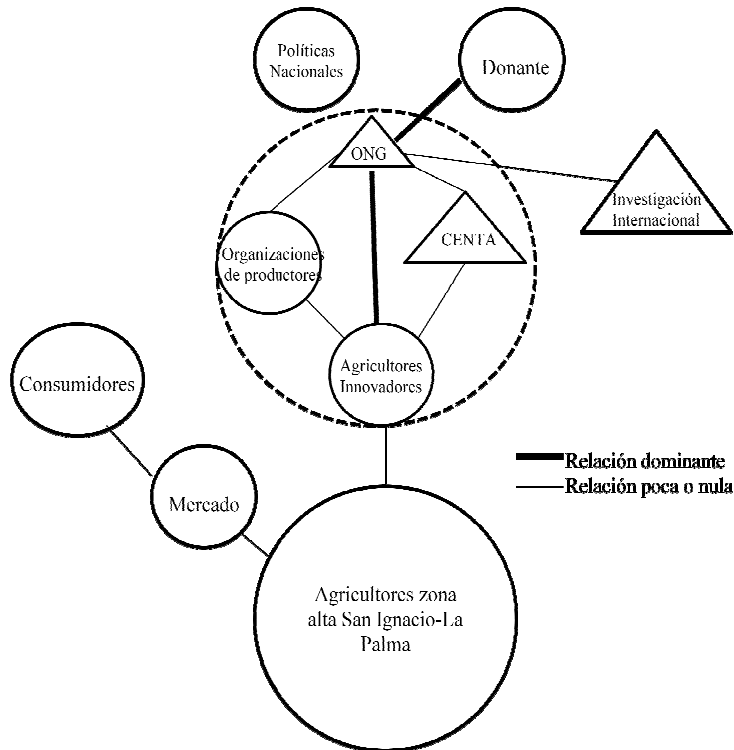


Figura 6. Sistema de innovación de producción de hortalizas en invernadero impulsado por el donante, en San Ignacio-La Palma. Adaptado de Engel 2002.

En la Figura 6 también podemos observar la débil interacción que existe entre los diferentes actores sociales del sistema. Otros sectores, como los que representan el mercado, los que formulan las políticas del gobierno, los agricultores y sus representantes y los dedicados a la investigación ejercen muy poca influencia en el sistema de innovación en San Ignacio-La Palma; a pesar de que estos sectores tienen el potencial y los medios para ejercer liderazgo en el sistema de innovación. Esta poca interacción entre los actores puede ser una limitante para el intercambio de información y conocimiento, siendo este uno de los recursos más valiosos para las innovaciones en el sistema y mejorar la competitividad (Grant 1996, Teece 1998)

4.3 Gestión del conocimiento según las fuentes de información en el sistema de innovación

Según la información obtenida por entrevista a los proveedores de servicios y los productores, se determinó la cantidad y los tipos de fuentes de información a las que estos acuden para la innovación (Engel 2002). Los productores mencionaron tener entre una y tres fuentes principales de información; mientras que, los proveedores de servicio en promedio acuden a tres fuentes de información. Las fuentes de información de los proveedores de servicios y los productores involucrados en la producción bajo ambiente controlado en San Ignacio-La Palma, son importantes para mejorar el sistema productivo y los medios de vida del productor, ya que entre mayor acceso a la información, mayor es la capacidad de innovación (FAO y Banco Mundial 2000). Mientras que la falta de información y conocimientos relacionados con el mercado, manejo de las condiciones microclimáticas dentro de la estructura y la relación con plagas y enfermedades, puede ocasionar pérdidas e influir en la disminución del auge de la tecnología. Estudios realizados en Brasil mostraron que la falta de conocimientos fue la razón por la cual los productores abandonaron las estructuras (Grande *et al* 2003, Gama *et al.* 2008).

4.3.1 Clasificación de las fuentes de información según sea de asistencia técnica o de información.

Las principales fuentes de información que utilizan, los productores de San Ignacio-La Palma son del primer estrato o línea de asesoría, con los proveedores de servicios (Fintrac, CLUSA) y de las casas comerciales proveedoras de insumos. Además tienen como mecanismo de información, la comunicación personal con otros productores, compradores mayoristas y minoristas, proveedores de insumos; además, la participación en talleres y capacitaciones. Las relaciones que mantiene el productor le permiten adquirir, generar y explotar activos de conocimientos, en consecuencia cuanto mayor sea las interacciones que mantenga mayor capacidad adquiere para la innovación (Teece 1998).

Los productores no mencionaron fuentes de información del segundo y tercer estrato, esto puede explicarse, si se considera que el 97% de los productores tienen un bajo nivel de educación (primaria máximo). Además el tiempo de uso de esta tecnología es considerablemente reciente (3 años) por lo que es posible que los productores aun no hayan

necesitado acceder a este tipo de fuentes de información. Según la FAO y Banco Mundial (2000), la educación es uno de los vértices importantes para el desarrollo rural y la innovación agrícola, los otros dos vértices son la extensión y la investigación.

En cuanto a los proveedores de servicios las principales fuentes de información que utilizan, son del segundo estrato o línea de información impersonal, como revistas agrícolas, libros técnicos, boletines informativos e internet. Aunque también mencionaron que mantienen fuentes de información de primera línea o personal, en las relaciones que mantienen con otros técnicos, casas comerciales proveedoras de insumos y con los productores. Los proveedores de servicios por lo general tienen un grado universitario, por lo que tienen acceso a una mayor gama de fuentes de información del primer y segundo estrato, es decir de la línea de asistencia y de la línea de información (Engel 2002).

4.3.2 Frecuencia y uso de las fuentes de información

Con base en la información brindada por los productores, sobre la frecuencia de uso y la importancia que le dan a las fuentes de información, se diagramó en la Figura 7. Donde se puede observar que la fuente de información más utilizada, por los productores, es Fintrac. De esta ONG reciben recomendaciones y la asesoría. El técnico de Fintrac les da asistencia técnica sobre las labores y practicas a realizar dentro del invernadero. En segundo lugar de importancia y frecuencia de uso como fuentes de información se encuentran los proveedores de insumos y colegas productores. De los primeros reciben información sobre productos nuevos (como fertilizantes y plaguicidas) y el uso adecuado de estos. Con otros productores se informan del resultado de prácticas nuevas implementadas. Con menor importancia y frecuencia, los productores clasificaron a las organizaciones a las que pertenecen y la asesoría recibida por CLUSA. El que los productores no consideren a las organizaciones como fuente de información importante, podría deberse a que como se mencionó en el Acápite 4.2.3, el 43% no están organizados y los que pertenecen a alguna organización son miembros inactivos. En el caso de CLUSA por lo general tiene un enfoque de trabajo con las organizaciones y de producción orgánica.

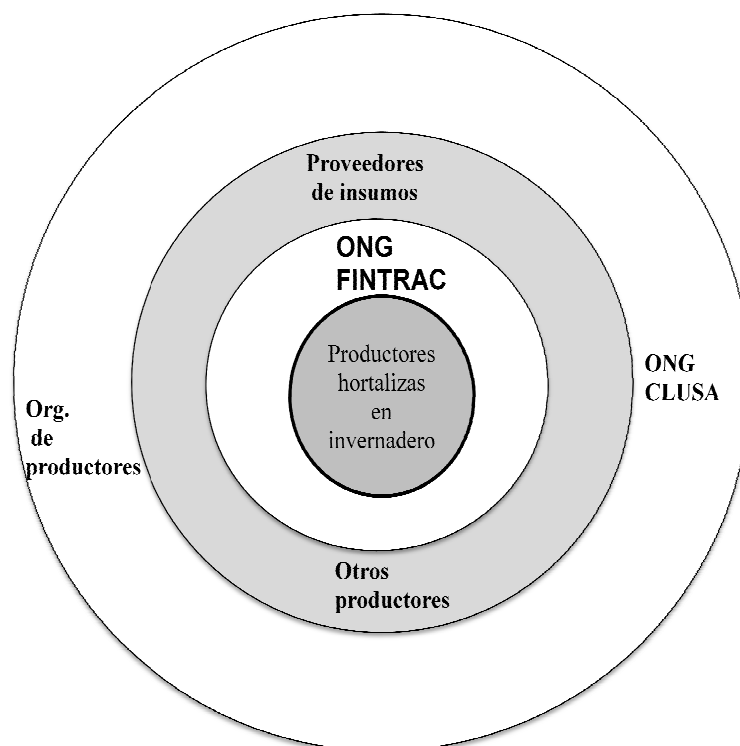


Figura 7. Fuentes de información que utilizan los productores de hortalizas bajo invernadero en San Ignacio-La Palma. Donde fuente más importante y más frecuentemente usada, se representa como un anillo inmediato al círculo que representa al productor, y las que se representan en anillos más distantes son las los productores consideran de menor importancia y utilizan con poca frecuencia

Por otro lado, con los proveedores de servicio se hizo un ejercicio similar al de los productores, diagramando en la Figura 8 las fuentes de información utilizadas con mayor frecuencia. Las fuentes que utilizan con mayor frecuencia son las de segunda línea o de información de revistas técnicas, boletines, internet y libros. En segundo y tercer lugar consideran importante, pero utilizan con menor frecuencia, el uso la información que llega por las casas comerciales vendedoras de insumos, otros técnicos, productores exitosos y giras campo para observar innovaciones en otras zonas.

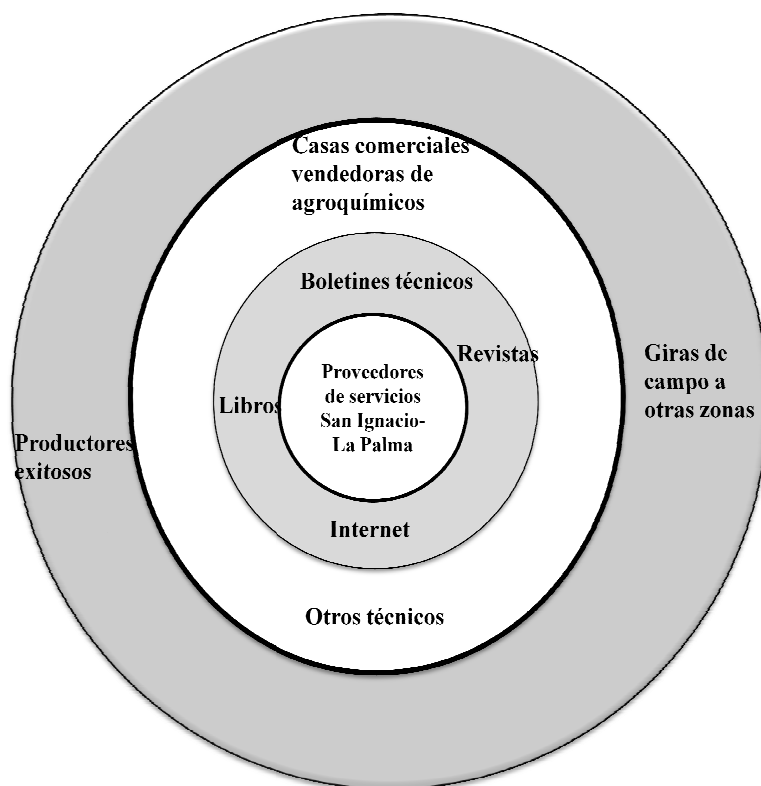


Figura 8. Fuentes de información que utilizan los proveedores de servicios de hortalizas en San Ignacio-La Palma. Donde la fuente más importante y más frecuentemente usada, se representa como un anillo inmediato al círculo que representa al proveedor, y las que se representan en anillos más distantes son las los proveedores consideran de menor importancia y utilizan con poca frecuencia

4.3.3 Fuentes de información sobre producción convencional y orgánica que utilizan los productores

La principal fuente de información que utilizan los productores es Fintrac y tiene un enfoque de producción convencional. La información sobre producción orgánica y utilización de insumos locales es obtenida por medio de CLUSA y las organizaciones de productores a las que pertenecen; sin embargo, son usadas con menor frecuencia y los productores le dieron menor importancia (Figura 7). No mencionaron fuentes de información agroecológicas. Lo anterior puede explicar que los productores manifestaron conocer solamente tres y ocho diferentes tipos de prácticas agroecológicas, que no siempre incorporan al manejo del cultivo.

Según las fuentes de información a la que acuden los productores, se pueden agrupar en dos: los que tienen fuentes de información convencional y los que tienen convencional y

orgánica. Sin embargo, no hubo diferencia estadística significativa entre los productores que tienen solo fuentes de información para producción convencional y los que tienen fuentes convencional y orgánica (Cuadro 8). Las variables que se consideraron para este análisis fueron: índice de manejo del cultivo ($P=0.3557$), cantidad de prácticas agroecológicas empleadas en el manejo del cultivo ($P=0.5493$) y cantidad de aplicaciones de agroquímicos ($P=0.919$). Es posible que esto se deba a que los productores acuden con poca frecuencia a las fuentes de información orgánica.

Cuadro 8. Relación entre las variables de manejo del cultivo dentro del invernadero y las fuentes de información a las que acuden los grupos de productores, 1= fuente convencional y 2=fuentes convencional y orgánica

Variable de manejo	n1	n2	media1	media2	p(Var.Hom.)	T	p	Prueba
Índice de manejo del cultivo	12	10	19.83	21	0.0259	0.96	0.355	Bilateral
Cantidad de aplicaciones químicas por ciclo de cultivo (8-14 meses)	18	8	25.17	27.88	0.4507	0.61	0.549	Bilateral
Cantidad de prácticas agroecológicas	18	10	6.06	6	0.6884	0.1	0.919	Bilateral

1= es el grupo de productores que mantienen solo fuentes de información convencional

2=es el grupo de productores que mantiene fuentes de información tanto convencional como orgánica.

4.4 Capacidad de innovación agroecológica para producción en invernadero

La zona alta de San Ignacio- La Palma es una de las más importantes para el sector hortícola salvadoreño, donde los productores tienen un promedio de 20 años en la producción de cultivos repollo, papa, zanahoria, flores, tomate y chile. La producción en invernadero es relativamente reciente (tres años) y los conocimientos, que los productores tienen fueron analizados tomando en cuenta los diferentes criterios y prácticas que utilizan en el cultivo.

4.4.1 Criterios de selección del cultivo de siembra

La rentabilidad obtenida es el principal y único criterio, mencionado por los productores, para la selección de un cultivo. El 100% de ellos, cultivan tomate ya que es el único cultivo, que conocen con el cual se obtiene una rentabilidad que les permite recuperar los costos de inversión. Con el cultivo de tomate, los productores de la zona obtienen rendimientos promedio de 25 Kg/m², esto les permite obtener ingresos netos aproximados de \$6910, obteniendo una relación beneficio costo de 2.2 en el primer año de cultivo, significa que por cada dólar invertido ganan 1.2. Los rendimientos varían según el manejo y el ciclo

del cultivo (de 8 a 14 meses) y los ingresos según la variación de precios. Este rendimiento es similar al que obtienen los productores del Departamento de Chiquimula, 25 kg/m² (Suchini 2007).

El chile es otro cultivo con el que se podría obtener una alta rentabilidad, debido a esto 5 productores hicieron la rotación tomate-chile. Estos aun no tienen datos de la rentabilidad del chile ya que el cultivo es reciente; sin embargo, manifestaron que este cultivo presenta mayores problemas en cuanto a plagas y enfermedades. Por otro lado, estudios realizados en países de Latinoamérica (Costa Rica y Brasil) reportan que los productores obtienen rendimientos de 12.5 hasta 18 Kg/m² (Alas Martínez 2003, Gama *et al.* 2008).

4.4.2 Criterios de selección de la época de siembra

El 49% de los productores considera que la época adecuada para la siembra es a partir de mayo hasta agosto, ya que permite obtener los mejores precios en octubre-diciembre, de esta manera obtienen mejores ingresos. Considerando que el mercado del tomate es uno de los más volátiles, con precios que varían \$0.18 hasta \$1.98 por Kg durante el año, con precios mayores en la temporada lluviosa. La volatilidad en los precios hace riesgosa la producción de tomate a campo abierto en Centroamérica (ASFEE 2005). Por lo tanto, el conocimiento de los productores de las épocas que obtienen mayor precio, unido al beneficio que les da el invernadero de mantener producción constante, puede permitirles sembrar de manera que la curva máxima de producción coincida con los mejores precios del mercado de esta manera obtener mayores ingresos.

Por otro lado, el 51% de los productores prefieren realizar siembras en cualquier época del año. Lo anterior debido a que consideran que: los alargados ciclos de cultivo (8 a 13) permiten afrontar la variabilidad de precios; el microclima dentro de la estructura es favorable para el desarrollo del cultivo durante todo el año y además quieren recuperar rápidamente la alta inversión hecha en la estructura. Reducir las condiciones adversas del cultivo influye positivamente en los rendimientos, y obtener rendimientos significativamente mayores que en campo abierto incentiva a los productores para la producción, aun cuando los precios no son favorables, ya que logran obtener una mayor rentabilidad (Robledo *et al.* 2002, Baudoin *et al.* 2002, Rucoba *et al.* 2006).

4.4.3 Criterios de selección de variedades

Del total de los 28 productores entrevistados, se obtuvo que en total se manejan alrededor de seis criterios para la selección de una variedad (Cuadro 8). Estos criterios son similares a los que según Snyder (2006), son utilizados por productores en Mississippi, tales como: tamaño de la fruta deseada, resistencia a enfermedades, ausencia de problemas fisiológicos, alto rendimiento, uniformidad del tamaño de la fruta y demanda del mercado. Sin embargo, los criterios utilizados son variables e independientes por cada individuo. El éxito o fracaso de un cultivo depende en gran medida de utilizar la variedad adecuada, adaptada a las condiciones de la zona.

Cuadro 9. Criterios utilizados para la selección de variedades por los productores de invernadero en San Ignacio-La Palma.

Criterios de selección de variedades	Núm Productores *
Rendimientos	11
Calidad del fruto (tamaño y color)	9
Resistencia a plagas y enfermedades	8
Aptas para producir en invernadero	6
Demanda del mercado	5
Larga vida de anaquel y resistencia al transporte	1

*Se entrevistaron en total 28 productores

El 68% de los productores basan su selección solamente en un criterio, el 21% de los productores utilizan dos y el restante 11% tres criterios. Entre más criterios un productor utilice para la selección de una variedad se espera que esta sea la más adecuada a la zona. Sin embargo, la cantidad de criterios utilizados por un productor depende mucho de los conocimientos que tenga (Snyder 2006). Por lo tanto, es posible que los productores requieran de mayores conocimientos que les permitan ir seleccionando las variedades que más se adecuen a sus necesidades.

La variedad de tomate más utilizada es Beberly, ya que según los productores, es con la que se han obtenido los mejores rendimientos, tiene buen tamaño y apariencia de fruto, incluyendo una vida en anaquel más larga, además de que presenta resistencia a problemas de nematodos y enfermedades del suelo. Otras variedades que mencionaron que han utilizado son Tolstor y Alboran. La variedad Tolstor es de tipo cocina, anteriormente la han utilizado a campo abierto; sin embargo, con esta variedad han tenido ingresos menores, por ser de fruto pequeño, rendimiento más bajos y su precio en relación al tomate de mesa es menor. El que

variedades de campo abierto presenten menores rendimientos en invernaderos se debe: a que la mayoría son de crecimiento determinado o semi-indeterminado, y que dentro de la estructura se reduce entre un 20-30% de la radiación, necesaria para que desarrollen su máximo potencial (Shany 2003, Snyder 2006).

4.4.4 Manejo del agrosistema en el invernadero

El sistema de producción utilizado en los invernaderos de San Ignacio-La Palma, según lo observado y expresado los productores, se caracteriza por el manejo intensivo de los cultivos. La nutrición del cultivo depende exclusivamente de fertilizantes químicos sintéticos solubles y para el manejo de enfermedades el manejo es basado en un 90% en el uso de plaguicidas; sin embargo esta cantidad de plaguicidas es menor que a campo abierto.

En la Figura 9 se puede observar, que no hay diversidad en agroecosistema, se utilizan monocultivos con altas densidades de siembra, 2340 plantas en un invernadero de 572 m². Además, las prácticas de manejo de plagas, enfermedades y fertilización obtuvieron valores bajos, al igual que los criterios para la selección y uso de los insumos. Basados en lo anterior se puede inferir que los productores poseen pocos conocimientos y criterios para la producción agroecológica. La dependencia exclusiva de químicos para el manejo de los cultivos bajo techo puede convertir a este sistema en un contaminante del suelo por acumulación de sales, del producto y los trabajadores por el uso de plaguicidas sin protección. Según Jaramillo *et al.* (2007) para reducir la contaminación potencial, es necesaria la incorporación de otras técnicas ecológicas en el manejo de de los cultivos en invernadero.

No obstante, los productores mencionaron que realizan en promedio 6 prácticas agroecológicas para el manejo de los cultivos en invernadero; estas prácticas no son frecuentes, como lo refleja el índice promedio de 1.6 a 2.7, para un valor máximo de 5, que se alcanzaron en los ejes donde se consideraron insumos alternativos a los insumos químicos y manejo basado en prácticas agroecológicas. Estos valores se ven influenciados principalmente por la dependencia de insumos externos, entre ellos fertilizantes y plaguicidas. A excepción del valor del índice del uso de insumos para el manejo de hierbas, que es alto gracias al manejo de las hierbas manual en parches o pequeñas áreas donde más afectan, que es sobre la línea del riego por goteo (Figura 9).

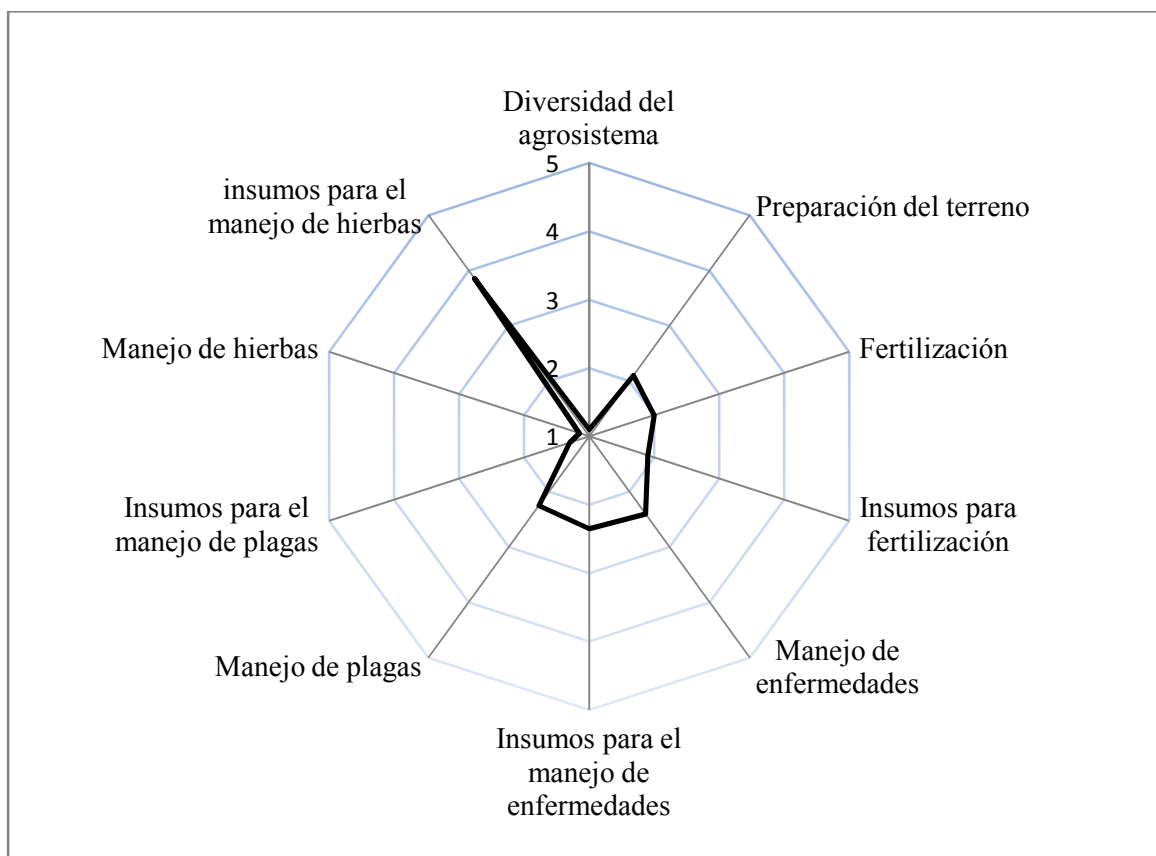


Figura 9. Representación del manejo agroecológico de los cultivos en invernadero mediante valores asignados (de 1 a 5) a las variables evaluadas durante la segunda etapa de investigación, donde insumos se refiere a insumos alternativos a los químicos y el manejo se refiere a prácticas agroecológicas, y el valor 5 es el más cercano a la máxima sustitución y práctica más orientada hacia el manejo agroecológico

Prácticas agroecológicas utilizadas para el manejo de los cultivos en invernadero: El Cuadro 10 muestra las principales prácticas agroecológicas, mencionadas por los productores, que son utilizadas para el manejo de los cultivos. La incorporación de materiales orgánicos al suelo, fue la más mencionada, ya que consideran que ayuda a mejorar la salud del suelo y al crecimiento de las plantas. El 70% de los productores aplica gallinaza cruda, antes de la siembra, con la finalidad de mejorar la fertilidad del suelo. Las enmiendas al suelo, específicamente la incorporación de cal, es utilizada con la finalidad de obtener mayor cantidad de nutrientes disponibles, así como también para el control de enfermedades fungosas y bacterianas del sistema radical. Esta práctica con el tiempo puede ir aportando a la recuperación de los suelos, ya que aproximadamente el 50% de los productores destruyó la capa cultivable del suelo, para nivelar el terreno.

Otra práctica común dentro del invernadero son las podas y la eliminación de tejido y/o plantas enfermas, como medida sanitaria para prevenir de reducir inóculo de patógenos, ya que se trabaja en un ambiente cerrado y con alta densidad de cultivos. Tanto las practicas de eliminación del inóculo como las de evitarlo, son indispensables en un invernadero, ya que este presenta un ambiente generalmente húmedo, cálido y carente de viento, condiciones óptimas para el desarrollo de los patógenos (Vida *et al.* 2004)

Cuadro 10. Practicas agroecológicas incorporadas por los productores para el manejo de los cultivos bajo invernadero, en San Ignacio-La palma

Prácticas Agroecológicas	No de productores*
Abonos orgánicos	27
podas fitosanitarias	27
Enmiendas al suelo	25
Eliminación de plantas enfermas	25
Trampas amarillas	22
Monitoreo de plagas y enfermedades	19
extractos botánicos	8
Foliares orgánicos	6
Productos biológicos	6
Rotación de cultivos	5
Dos variedades o híbridos del mismo cultivo	3

*n=28 productores

Muestreos de plagas y enfermedades: En lo que se refiere a plagas y enfermedades, el 100% de los productores no realizan un muestreo detallado, no hacen conteos, ni manejan umbrales económicos de daño. El 67% de los productores entrevistados mencionaron que recorren el invernadero y observan si hay presencia de alguna plaga o enfermedad. Si hay presencia toman la decisión de aplicar algún insecticida o fungicida, esta práctica fue corroborada en los productores que participaron en los estudios de caso. El restante 33% de los productores entrevistados mencionaron que ellos realizan aplicaciones de plaguicidas calendarizadas semanalmente. Lo anterior puede deberse a la falta de conocimientos en cuanto a la ecología de las plagas y enfermedades o al arraigo de los productores a los sistemas convencionales de producción a campo abierto. Robledo *et al.* (2002) menciona que para obtener una máxima rentabilidad y sostenibilidad en los sistemas protegidos, implica un cambio de enfoque en el manejo agronómico.

Los productores que participaron en el seguimiento mencionaron que la selección del insecticida que aplican depende mucho del costo y de la abundancia de la plaga e incidencia de la enfermedad. Cuando recién aparecen los insectos únicamente en ciertas plantas, utilizan insecticidas de bajo costo aun que sean poco efectivos, pero cuando las poblaciones de la plaga son altas y las plantas afectadas son muchas usan insecticidas de mayor costo y que consideran más efectivos para el control de la plaga. En el caso de las enfermedades cuando inician utilizan fungicidas de contacto y cuando son avanzadas cambian a fungicidas sistémicos.

4.4.5 Problemas fitosanitarios y métodos de control utilizados

Los datos obtenidos, durante la segunda fase de la investigación, sobre los problemas fitosanitarios y el manejo que dan los productores se presentan en el Cuadro 10. Los principales problemas fitosanitarios mencionados en orden de importancia son: mosca blanca (*Trialeurodes vaporarionum*), *Botrytis sp.*, plagas y enfermedades del suelo y Tizón tardío (*Phytophthora infestans*). El 100% de los productores cuando se les presenta un problema fitosanitario usan control químico y el criterio de aplicación es únicamente la observación del problema. La anterior información sobre los problemas fitosanitarios fue corroborada mediante observación y muestreos durante el seguimiento. En el Anexo 9 se muestran los principales agroquímicos utilizados para cada uno de los problemas mencionados.

Cuadro 11. Principales problemas fitosanitarios en la producción bajo invernadero y el porcentaje de uso de los tipos de controles, según las experiencias de los productores

Problemas fitosanitarios	% de uso un tipo de control			
	Químico	Biológico	Cultural	Genético
Mosca Blanca (<i>Trialeurodes vaporarionum</i>)	100	8	0	0
Moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>)	100	0	79	0
Tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>)	100	0	0	0
Plagas y enfermedades del suelo	100	0	0	40

Datos obtenidos durante entrevista con 28 productores

4.4.5.1 Principales plagas en los cultivos en invernadero en San Ignacio-La Palma

Mosca blanca (*Trialeurodes vaporarionum*) en tomate es la plaga de mayor importancia, según lo mencionaron los productores y los muestreos durante el seguimiento, en los tres invernaderos, que estaban cultivados con tomate se observó la presencia de mosca blanca. No obstante, los daños observados, relacionados con esta plaga son la disminución

del vigor de la planta y aparecimiento del hongo *Fumagina* (*Capnodium* sp), ya que no se observaron daños relacionados con virus. Es probable la presencia de virus no se encontró debido a que el cultivo ya había pasado el período crítico de infección, que los primeros 45 días de la etapa de crecimiento y por otro lado *Trialeurodes vaporarorum* es vector de pocos virus en relación a *Bemisia tabasi* (Blancard 1996).

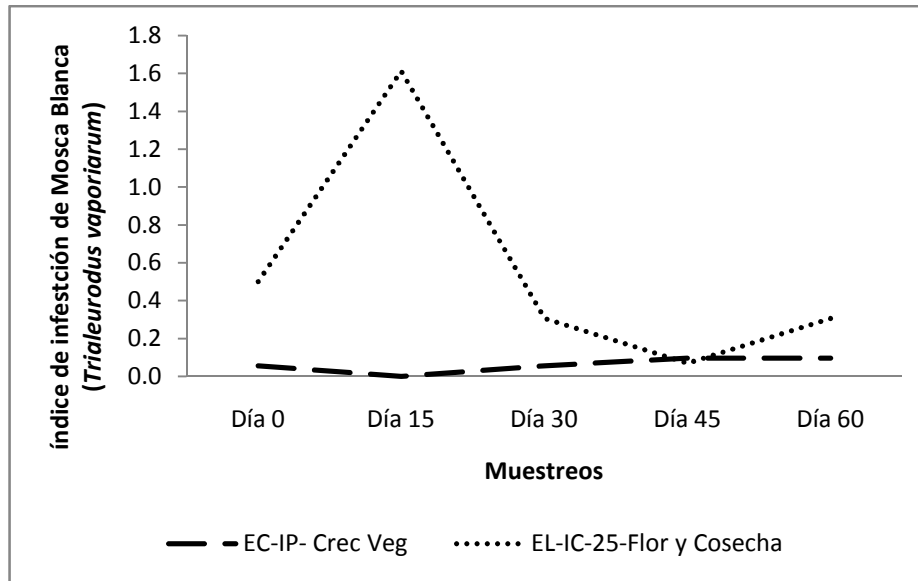


Figura 10. Índice medio de infestación de mosca blanca en tomate, en dos tipos de estructuras (IP=invernadero plano con malla de 50 mesh, IC=invernadero capilla con malla antiviral de 25 mesh) pertenecientes a dos productores diferentes EC y EL, con cultivos en distintas etapas fenológicas del cultivo

Los índices de infestación de mosca blanca (*Trialeurodes vaporarorum*), fueron mayores en el invernadero tipo capilla (Figura 10). Lo anterior, podría atribuirse a que el tamaño de los agujeros en la malla antiviral es mayor en este invernadero (25 mesh), en relación a los otros dos cultivados con tomate (50 mesh). Aunado, a que el productor no cumple con las medidas de bioseguridad, mantiene las dos puertas abiertas, y en el caso del productor EC, este para reducir los costos de construcción del invernadero, construyó solamente una puerta. La disminución en el índice de infestación está relacionada con las aplicaciones de insecticidas.

Durante las entrevistas el 100% los productores manifestaron que el control de mosca blanca es basado en insecticidas químicos; sin embargo un 8% de estos mencionó el uso de MM (Microorganismos de Montaña) para manejar cuando hay bajas poblaciones (Cuadro 9). La anterior información fue verificada durante el seguimiento, donde los productores EC y

EL, además del control químico usan MM como control biológico, para la mosca blanca. Los microorganismos de montaña son una fuente rica en poblaciones principalmente de actinomicetos, levaduras y bacterias benéficas, estos actúan como biorreguladores de patógenos y descomponedores de materia orgánica (Urtecho 2005). El control biológico representa un potencial para convertirse en una de las mejores estrategias de control en cultivos protegidos (Pickett Pottorff y Panter 2009).

Las plagas en el cultivo de chile, debido a que chile es un cultivo recién adoptado por los productores, no se obtuvo información sobre este. Sin embargo, durante el seguimiento, se tomaron en cuenta dos invernaderos cultivados con chile. Las plagas encontradas fueron los pulgones o áfidos (*Aphis gossypii*) en el invernadero JF-IC y una chicharrilla perteneciente al orden homóptero en EC-IC. Estas plagas no son consideradas de importancia para el productor ya que solamente fueron focos poblacionales que controlaron con insecticidas de amplio espectro. El ingreso del pulgón o áfidos (*Aphis gossypii*) en el invernadero JF-IC podría deberse a la falta de las medidas de bioseguridad, puertas abiertas y techos rotos, lo anterior aunado a que el productor, como se dijo antes, abandonó el cultivo y solo cosecha esperando eliminar el cultivo. En el caso del invernadero EC-IC el ingreso de este homóptero (aproximadamente de 5 mm) puede atribuirse al tamaño de los agujeros de malla antiviral (25 mesh), suficiente para que el insecto ingrese.

Además, durante los muestreos se observó daños en los brotes de las plantas causados por ácaros (*Tetranychus urticae*). Sin embargo, la presencia y los daños ocasionados por esta plaga no fueron considerados significativos por los productores, ya estos identificaron los primeros daños y efectuaron un control inmediato. El control efectuado fue con un acaricida específico como la Abamectina 1.8% (Verlaq o Vectimec). Además, según mencionan Nuez (1995) y Schuster (2001), los ataques más severos de esta plaga se presentan en las primeras etapas fenológicas del cultivo, y en este caso los cultivos ya estaban en estados avanzados de madurez (5 meses después de siembra).

4.4.5.2 Principales enfermedades en los cultivos en invernadero en San Ignacio-La Palma

Moho gris (*Botrytis cinerea*) en el cultivo de tomate. Es la enfermedad que con mayor frecuencia, según mencionaron los productores, afecta el cultivo de tomate bajo invernadero. Dos invernaderos (EC-IP y EH-IC) cultivados con tomate, presentaron problemas con esta enfermedad. Este patógeno, según lo mencionado por los productores y lo observado, aparece después que realizan las podas de brotes y hojas viejas, cuando quedan heridas no tratadas en los tallos. No obstante, esta enfermedad no representa para los productores mayores problemas ya que el 79% de los productores mencionaron utilizar un tipo de control cultural, preventivo, que consiste en después de realizar la poda aplicar cal, fungicidas cúpricos o azufrados en la herida causada. Cuando la incidencia de la enfermedad es mayor, los productores aplican fungicidas sistémicos (Anexo 9) o eliminan las plantas enfermas. El hongo pocas veces infecta los tejidos en crecimiento, su modo de infección es mediante la penetración y colonización de heridas o de tejidos muertos (Benito *et al* 2000). Las podas de las ramas viejas es una práctica de manejo en invernaderos; no obstante, la realización de esta poda debe ser adecuada ya que en las heridas causadas existe peligro penetración del hongo (Shany 2003). Por tanto, una poda correcta y el curado de heridas pueden prevenir el desarrollo de esta enfermedad.

Fumagina en tomate (*Capnodium* sp). Durante la tercera fase de la investigación en los muestreos de enfermedades se observó en el invernadero EL-IC incidencia de fumagina hasta un 70% de las plantas muestreadas y un promedio del 30% de severidad (Figura 11). Aunque, este hongo no es un patógeno si no un hongo se nutre de sustancias azucaradas que secretan algunos insectos (mosca blanca y áfidos), la capa negra sobre la hoja reduce el área fotosintética. Se observó que a medida aumentó la población de mosca también la incidencia de Fumagina y se consideró que redujo significativamente el área fotosintética de la planta ya que mantuvo porcentajes de severidad hasta de 50%, probablemente este problema aunado a la presencia de mosca reducen en el vigor de las plantas, el cual se mantuvo entre 2 y 3 (plantas con o sin daño, no muy robustas o pequeñas en relación a las demás, con deficiencias en color). La presencia de Fumagina disminuyó a medida empezaron los controles sobre las poblaciones de mosca, a la vez que hicieron aplicaciones de fungicidas.

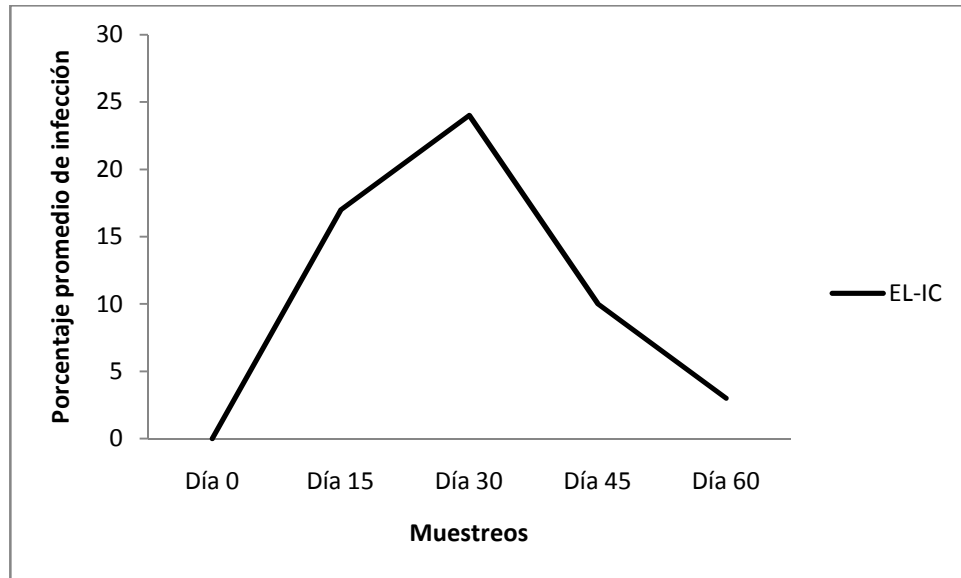


Figura 11. Porcentajes de severidad, durante 60 días, de el hongo *Fumagina* en tomate, con cinco meses de edad, en el invernadero tipo capilla con malla antiviral de 25 mesh del señor EL.

Tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en tomate. Otra enfermedad que se presentó durante los muestreos en el invernadero (EC-IP) fue Tizón tardío (*Phytophthora infestans*), esta se presentó en el follaje del tomate como un foco ubicado en la parte posterior del invernadero, que afectó aproximadamente el 15% de las plantas del invernadero. El terreno del invernadero tiene una ligera inclinación en la parte posterior, debido a esta pendiente durante el riego en este lugar hay mayor acumulación de agua en el suelo por tanto mayor humedad relativa en el ambiente en relación al resto del invernadero, por otro lado el invernadero es de 65 metros de largo, lo que significa que la aireación disminuye al final de la estructura. Es posible que estos dos factores propiciaran las condiciones favorables para el desarrollo del patógeno y el crecimiento de la infección. Ayala *et al.* (1991) y Blancard (1996) mencionan que la humedad relativa mayor a 75% durante dos días favorece el desarrollo de esta enfermedad.

Para controlar la enfermedad el productor realizó aspersiones de diferentes fungicidas cada dos días durante dos semanas. Esta cantidad de aplicaciones, en un ambiente cerrado como el invernadero, genera mucho mayor riesgo de contaminación de la producción y de intoxicación de los trabajadores. Por lo tanto, es importante recalcar la importancia de que los productores tengan conocimiento en cuanto al manejo de las condiciones microclimáticas del

invernadero para el control de las enfermedades y la disminución en el uso de plaguicidas sintéticos.

Moho gris (*Botrytis cinerea*) en el cultivo de chile. Los dos productores, que participaron en el seguimiento, mencionaron que los rendimientos de chile en la zona no son satisfactorios, principalmente por el de aborto de flores y de pequeños frutos ocasionados por *Botrytis*. La Figura 12 presenta la curva de incidencia de la enfermedad, en la cual se puede observar que la variación de porcentajes que van desde 40 al 100% de plantas muestreadas con abortos. La alta incidencia de esta enfermedad obliga a los productores a realizar aplicaciones continuas de fungicidas sistémicos. No obstante, como se observa aun con las aplicaciones la incidencia de la enfermedad es alta (40%); según comento uno de los productores JF, esto se ve reflejado en bajos rendimientos del cultivo. También se observó tizón temprano (*Alternaria solani*), favorecida por la alta humedad relativa, por lo que el manejo adecuado de la ventilación colabora a reducir el moho gris (Körner y Holst 2005).

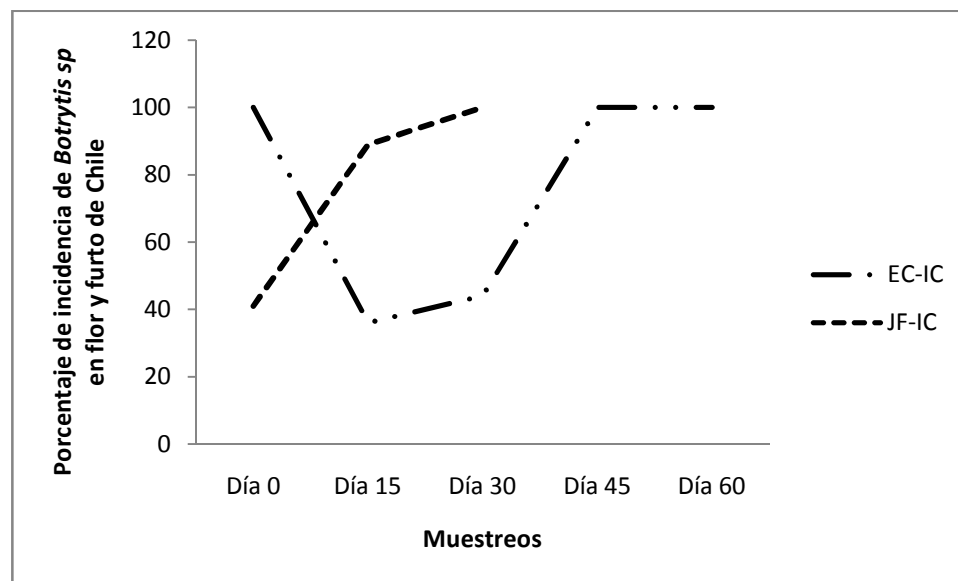


Figura 12. Incidencia de *Botrytis* sp. en aborto floral y caída de fruto en chile bajo invernadero, en dos invernaderos tipo capilla, misma etapa fenológica y dos productores EC y JF en San Ignacio-La Palma

Otra enfermedad observada en el cultivo de chile, en el invernadero JF-IC, fue el mildiu o oidium (*Oidiopsis* sp.). Los productores no le toman mayor importancia ya que no afectan el directamente el rendimiento del cultivo. Esta enfermedad caracterizada por manchas blancas y polvorientas que aparecen en el envés de las hojas bajas, es controlada

fácilmente con podas del material infectado. El invernadero JF-IC presentó techos rotos por efecto de los fuertes vientos, en consecuencia durante había entrada de de las aguas lluvias ocasionando humedad permanente en suelo, por tanto aumenta de la humedad relativa en el ambiente favorable para el desarrollo del patógeno (Cano *et al.* 2002, Nuez *et al.* 2003). Lo anterior coincide con lo mencionado Greer y Diver (2000), Jesen (2001), Rodríguez y Jiménez (2002), Barrios (2004), Miranda y Martínez (2007) en que tomar en cuenta los factores climatológicos, lugar de ubicación y la forma de la estructura, determinan la eficiencia del funcionamiento del sistema y éxito esperado.

4.4.5.3 Principales plagas y patógenos presentes en el suelo en invernaderos en San Ignacio-La Palma

Los productores entrevistados mencionaron tres tipos de problemas fitosanitarios relacionados con el suelo, los cuales son: daño en las raíces por nematodos, marchitez bacteriana y por hongos. Estos problemas ocasionan pérdidas significativas a en la producción ya que las plantas afectadas mueren.

Manejo de plagas y patógenos. Los productores mencionaron que para el manejo de plagas y patógenos del suelo, primero hacen una desinfección del suelo al inicio del ciclo, con metan sodio o terbúfos, y después hacen aplicaciones de insecticidas o fungicidas sistémicos por medio del riego o directamente al suelo en el pie de la planta. También consideran, la utilización de variedades resistentes a nematodos enfermedades del sistema radical, tal como la variedad Beberly, y la incorporación de cal al suelo.

Los productores incorporan materiales orgánicos al suelo; sin embargo, la mayoría usa abonos no procesados, el 88% incorpora gallinaza pura u hojarasca del bosque, y solamente el 12% utiliza bocachi, lombrihumus (humus obtenido de lombricompost) y Bio 80 (contiene las proteínas hidrolizadas el 80% para complementar el nitrógeno orgánico), estos últimos tienen mayor cantidad de microorganismos benéficos. Estudios realizados por López-Pérez *et al* (2003) demostraron que la eficacia para el control de plagas del suelo (nematodos e insectos), de los abonos orgánicos, metan sodio y bromuro de metilo, son similares, con índices promedio de 1.7, 0.8 y 0.5 respectivamente; además no hubo diferencia estadística en los rendimientos obtenidos. Dado que la mayoría incorpora materiales

orgánicos al suelo, se podría aprovechar para incrementar el uso de abonos orgánicos como alternativa agroecológica.

Prácticas preventivas. Los productores de San Ignacio-La Palma, según lo observado y mencionado por ellos, no toman en cuenta para el control de plagas y enfermedades aspectos preventivos como: la selección adecuada del terreno, libre de patógenos y plagas; medidas de bioseguridad, para evitar el ingreso al invernadero de patógenos del suelo y la rotación de cultivos para interrumpir el ciclo de desarrollo de las enfermedades. Las practicas preventivas de manejo de plagas y enfermedades son una alternativa que puede ayudar a reducir el uso de plaguicidas (Pickett Pottorff y Panter 2009), ya que si las plagas y los patógenos no están presentes en el invernadero y/o las condiciones no son favorables para el desarrollo de las poblaciones, estos no serán considerados un problema grande y los productores no requieren hacer aplicaciones de químicos para su control. Por tanto, es probable que los productores no apliquen estas prácticas por falta de conocimiento o por la disponibilidad de tierra para hacer una selección adecuada.

4.4.6 Índice de salud de los cultivos en invernadero

El índice de salud del cultivo observado fue alto, 4.55, ya que como se observa en la Figura 13 las variables medidas recibieron valores entre 4 y 5. Lo anterior se debe a la baja incidencia de plagas y enfermedades, la ausencia de malezas y a que las plantas tienen las condiciones ideales para desarrollarse. El crecimiento y la apariencia del cultivo se ven favorecidas, por las soluciones nutritivas de fertilizantes sintéticos. No obstante, de los 19 productores que ofrecieron información sobre la caracterización del agrosistema dentro de la estructura, en seis invernaderos se observó problemas relacionados con exceso de nitrógeno, crecimiento excesivo de follaje. El desbalance nutricional, tanto exceso como falta de algún elemento, tienen el potencial para reducir la salud de las plantas al hacerlas más susceptibles a los patógenos y los daños causados por plagas (Magdoff y Van Es 2000).

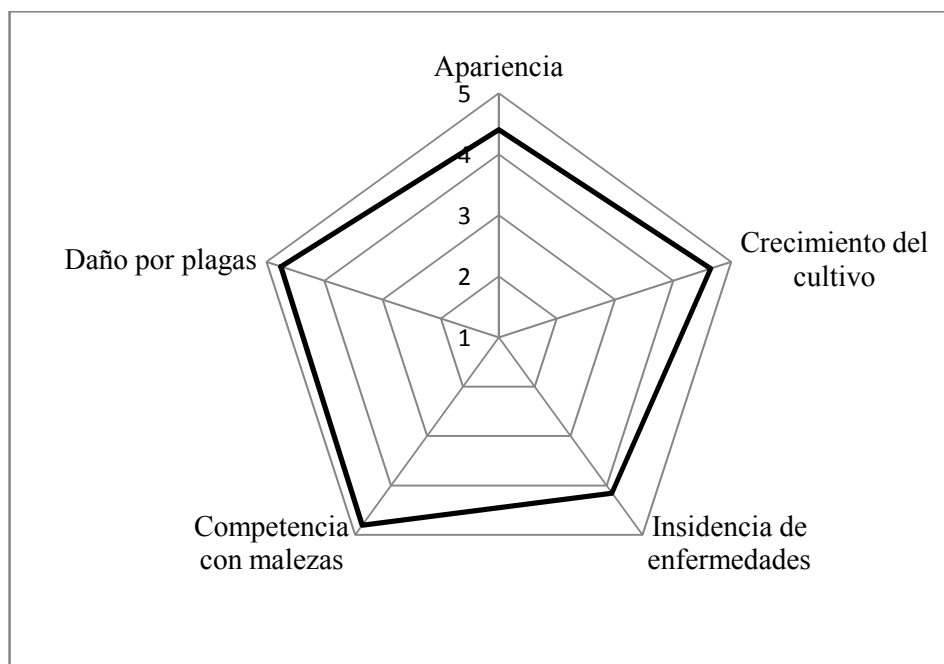


Figura 13. Representación del estado de salud de los cultivos en invernadero, donde los valores obtenidos por las variables evaluadas durante la segunda fase de la investigación. El valor más alto 5 corresponde a un mejor estado del cultivo con respecto a la variable evaluada

4.4.7 Índice de salud del suelo en los invernaderos de san Ignacio-la Palma

En la Figura 14 se presentan las variables medidas para determinar el índice de salud del suelo (ISS), el diagrama permite comparar dos grupos de productores, los que construyeron en terrenos que fueron nivelados y para lograrlo fue necesario remover parte de la capa agrícola contra los que construyeron sin realizar esta práctica. Se hizo una prueba *t* para comparar estadísticamente las variables medidas: características físicas, profundidad, cobertura y de color, olor y materia orgánica. Se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.0001$) entre los productores que hicieron terrazas para nivelar el suelo y los que no hicieron. Lo anterior permite concluir que la nivelación tuvo un impacto negativo sobre la salud del suelo, ya que los invernaderos donde se hizo la nivelación presentaron valores menores en las variables medidas (ISS menor a 2.29), que los invernaderos que se colocaron en áreas donde no se removió el suelo (ISS mayor o igual 3.53). La elaboración de terrazas no solamente afecta la salud del suelo, sino que también se convierte una fuente potencial de contaminación de los ríos, por sedimentación, ya que favorece la erosión y pérdida de los suelos.

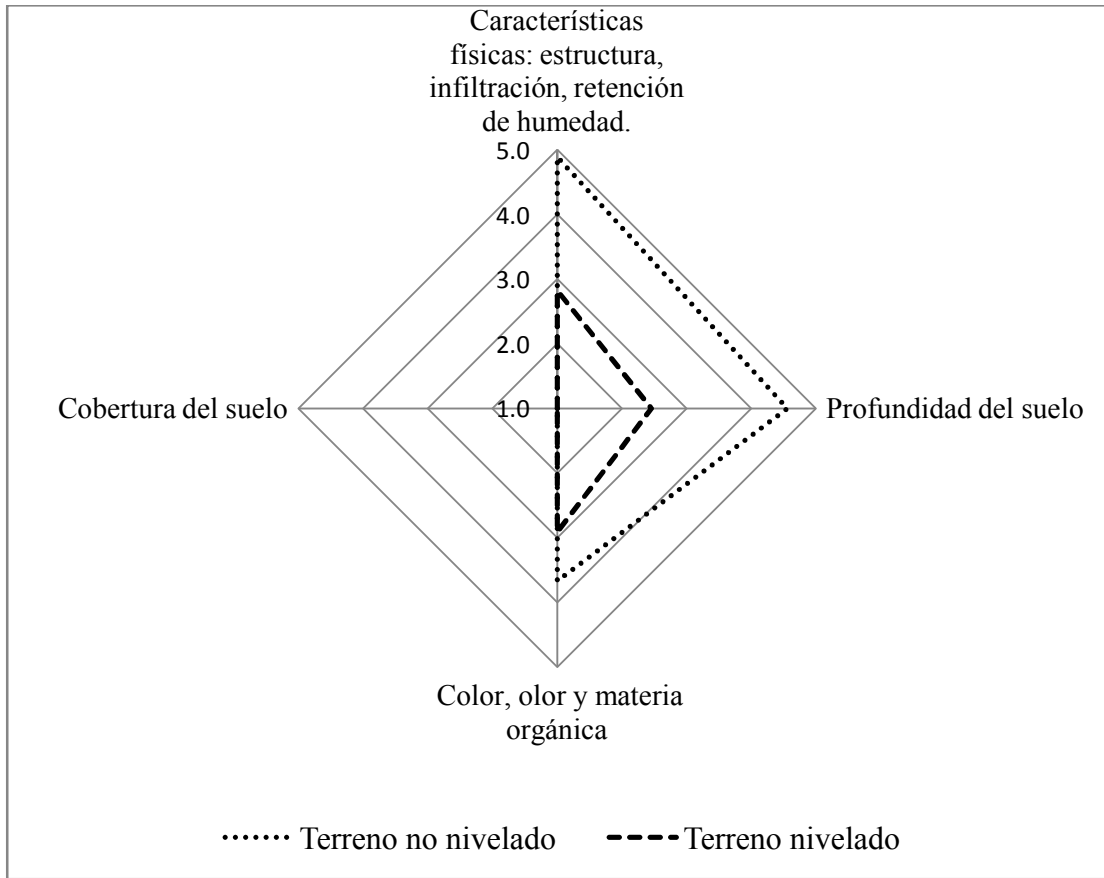


Figura 14. Representación del índice de salud de los suelos, en los invernaderos construidos en terrenos nivelados en forma de terrazas y en los que se construyeron sin remoción del suelo. Los ejes representan los valores asignados a las variables evaluadas en la segunda etapa de investigación. Los valores asignados de 1 a 5, donde 5 indica una mejor condición

Los resultados del análisis de suelo, que se realizó en los invernaderos donde se hizo el seguimiento, muestran que la nivelación no tuvo gran impacto en cuanto a la fertilidad del suelo, dado que no se observa diferencia entre las muestras tomadas fuera y dentro del invernadero (Anexo 11). No obstante, el impacto causado en el contenido de MO es muy importante, en los invernaderos donde se niveló (EH-IC y EL-IC), el contenido de MO se redujo aproximadamente un 5% (muestra tomada en las camas de cultivo), con respecto al contenido de la muestra tomada fuera del invernadero (área sin nivelar). La MO mejora las funciones del suelo, tales como: la absorción y retención del agua, el equilibrio microbiológico del suelo, la capacidad de intercambio catiónico, la disponibilidad de nutrientes, la biomasa microbiana, la relación el carbono/nitrógeno, y la supresión de las enfermedades (Magdoff y Van Es 2000, Montri y Biernbaum 2009).

Otro aspecto de la salud del suelo posiblemente afectado por la elaboración de terrazas, y por la aplicación de biocidas al suelo, tales como el terbúfos y el metan sodio, es la presencia macrofauna (lombrices). De los invernaderos que se realizaron los estudios de caso, solamente en dos se encontró presencia de macrofauna (lombrices y Simphylidos); en cantidades relativamente bajas (Anexo 11). Lo anterior, pone riesgo la sostenibilidad del suelo ya que se ha reducido tanto los contenidos de materia orgánica como la presencia de organismos del suelo. Los organismos del suelo, tanto micro como macro, juegan un papel importante en el mantenimiento de la salud del suelo y de las plantas, por lo general están presentes en los primeros 20 cm del suelo; estos influyen en la descomposición de materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes, formación de los agregados del suelo, mejoramiento en la infiltración del agua y la aireación del suelo (Magdoff y Van Es 2000).

4.4.8 Manejo de la polinización de los cultivos bajo ambiente controlado

En las entrevistas con los productores y durante el seguimiento se obtuvo información con respecto al proceso de la polinización de los cultivos bajo invernadero. Los productores mencionaron que al observar la poca carga de los frutos y por recomendación del técnico de Fintrac (principal fuente de información acápite 4.2.3), empezaron con un sistema de polinización moviendo planta por planta o dando ligeros golpes a los tutores. Esta práctica resultó efectiva y viable ya que las áreas que ellos manejan son pequeñas. Este resultado se puede explicar si se considera que en condiciones de invernadero los insectos son excluidos y los vientos reducidos, por lo tanto se hace necesaria buscar formas de hacer más efectiva la polinización artificial. Además, en el caso específico del tomate se debe considerar que el polen se desprende de las estambres, por medio del viento o los insectos, y cae sobre el estigma receptivo (Nuez 1991, León 2000, Rodríguez *et al* 2006, Bai y Lindhout 2007).

Las altas humedades relativas presentadas dentro de las estructuras, podrían también influir en el proceso de polinización; ya que se obtuvieron valores que variaron entre 56 y 86% en horas de mediodía, así como de 85 a 100% durante las horas de la mañana y la tarde. Como se sabe la elevada humedad al interior de los invernaderos, aglutina los granos de polen sin que puedan desprenderse de los estambres y alcanzar el estigma floral; la humedad relativa ideal es entre 60 y 70% (Cox 2000, Rodríguez *et al* 2001; Rodríguez *et al* 2006).

4.5 Limitantes y oportunidades para los sistemas de producción en invernadero

Factores económicos y políticos que influyen en el desarrollo de producción bajo ambiente controlado. El 100% de los proveedores de servicios y el 53% de los productores entrevistados, coinciden que el alto costo de las estructuras es el aspecto más importante que influye en la adopción de la tecnología. Esto aunado a otros aspectos políticos (mencionados por dos proveedores de servicios) como la falta de una política de crédito favorable y el hecho de que varios de los productores no son propietarios de su parcela y por lo tanto no pueden usarlas como garantía, no tengan acceso a préstamos. Lo anterior podría explicar que los productores prefieran optar por prestamos informales (30%) y arriesgar sus propios recursos (33%), en lugar de los prestamos con una agencia de crédito formal (4% de las estructuras) (Cuadro 12). Otro aspecto mencionado es el desinterés de parte de las instituciones gubernamentales de realizar investigación que resuelva algunos problemas de la producción y la falta de asistencia técnica estatal especializada.

Cuadro 12. Fuentes de financiamiento utilizadas por los productores para la construcción de las estructuras

Fuentes de financiamiento	N. de estructuras	Porcentaje
Donación	18	33
Recursos Propios	18	33
Créditos Informales	16	30
Crédito formal	2	4

En cuanto a los **aspectos sociales** los proveedores de servicio mencionaron tres: en primer lugar la falta de conocimientos, de prácticas de uso y manejo en el invernadero, y el acceso a este, tanto por los productores como por los extensionistas. En segundo lugar, consideran que la zona es tradicionalmente hortícola y hay productores que llevan hasta 30 o 50 años con un sistema de producción tradicional, que no quieren cambiar, en algunos casos utilizan la estructura pero quieren continuar con el mismo manejo usado en campo abierto. Esta información fue confirmada durante las entrevistas con los productores, donde el 10% mencionó que no requerían de más conocimientos para el manejo de los cultivos. Finalmente la falta de visión empresarial de los productores, ya que estos producen sin mantener un mercado fijo, la producción es comprada por intermediarios o mayoristas los que imponen el precio, sin lugar a negociaciones por parte del productor.

Factores ambientales. De los proveedores de servicios entrevistados, cuatro mencionaron que las estructuras no eran aptas para la zona, debido a los daños que sufren por los fuertes vientos predominantes en los meses de octubre y noviembre. Sin embargo, solamente el 35% de los productores manifestaron que habían tenido problemas de daños en el techo por viento. Los productores han solucionado este problema reforzando el techo con alambre y construyendo las nuevas estructuras de manera que no las afecte el viento. El restante 80% manifestó no tener problemas con los vientos, por tanto la construcción de estructuras tipo capilla debería evitarse en lugares donde los vientos son muy fuertes. Por otro lado existe la opción de estructuras con techo tipo curvo, que no hay en esta zona, esta presenta mayor resistencia a los vientos; sin embargo, implican costos mayores ya se requiere de estructuras metálicas (Rodríguez y Jiménez 2002). En lo que respecta a las temperaturas, tomando en cuenta que en los invernaderos es mayor que a la exterior, la zona es apta para desarrollar la tecnología (promedio 20 °C). Esta es una de las variables más importantes para elegir el diseño de la infraestructura (Mateo 2001, Rodríguez y Jiménez 2002).

En cuanto a la topografía, dos de los nueve de los proveedores de servicios mencionaron que la topografía irregular predomina en la zona limita la adopción de la tecnología. Esta información fue corroborada, se observó que de los 54 invernaderos visitados para un 58% se habían hecho terrazas desde los 0.5 hasta los 3 metros de alto para nivelar los terrenos. Las terrazas implican un costo adicional (\$35.00/hora) en el que incurre el productor y como se mencionó (acápito 4.4.7) afecta la salud y nutrición del suelo. La ubicación de la estructura es otra de las variables que se deben considerar, es conveniente suelos planos, con buenas vías de acceso y un excelente drenaje (Rodríguez y Jiménez 2000, Barrios 2004).

4.5.1 Oportunidades y limitantes para el manejo agroecológico de los cultivos

En el Cuadro 13 también se presentan las oportunidades mencionadas por los productores. Los que consideran que con estas prácticas pueden reducir los costos de producción (61%), los beneficios que representan incorporar materiales y abonos orgánicos para mejorar los suelos (32%) y la reducción de uso de químicos y el riesgo de contaminación (21% de los entrevistados). Por tanto se puede decir que los productores conocen de los beneficios del manejo agroecológico; sin embargo, no realizan estas prácticas

debido diversos factores que los limitan. Entre las limitantes mencionadas están: la falta de conocimiento y experiencia en el manejo agroecológico de los cultivos (36%); falta de oferta local de insumos (29%), además para el 25% las practicas agroecológica no son efectivas para el control de las plagas y enfermedades. Estas opiniones pueden explicarse por las limitadas fuentes de información sobre manejo agroecológico de los cultivos (Acápite 4.2.3).

Al observar las limitantes podría decirse que la capacidad de innovación para el manejo agroecológico de los cultivos en invernadero es baja, debido a los pocos conocimientos relacionados con salud y calidad de suelo, alternativas de manejo no químico para plagas y enfermedades, factores que afectan el aumento o disminución de poblaciones. Sin embargo, por las oportunidades mencionadas, se puede decir que hay un alto porcentaje de los productores con buenas referencias en cuanto al uso de prácticas agroecológicas y además una necesidad sentida para la implementación de estas prácticas. Por lo tanto, potencialmente esto puede conllevar a los productores a una búsqueda de información y aumento de los conocimientos sobre estas prácticas, en consecuencia el desarrollo de la capacidad de innovación para la producción agroecológica.

Cuadro 13. Resumen de limitantes y oportunidades que presenta el manejo agroecológico (MA) de los cultivos para los productores de agricultura protegida en San Ignacio-La Palma. Entrevista con productores

Oportunidades para el manejo agroecológico de los cultivos	%	Limitantes para el manejo agroecológico de los cultivos	%
El MA es más económico en relación al uso de químicos sintéticos	61	Los productores no tienen conocimiento y experiencia en MA	36
La incorporación de materiales y abonos orgánicos ayudan a mejorar el suelo	32	No hay oferta local de insumos alternativos a los agroquímicos sintéticos	29
El MA reduce el uso de agroquímicos sintéticos por tanto la contaminación	21	Baja efectividad del MA	25
Lo hace por recomendación del técnico	11	El MA no es necesario para la producción de los cultivos	18
Las practicas agroecológicas mejoran la producción	7	Falta de asistencia en producción con MA	14
Las practicas agroecológicas son fácil implementar	4	Altos costos, ya que los insumos no están disponibles localmente	7
		No hay limitantes para el MA	4
		El MA implica más trabajo en invernadero	4

%= es igual al porcentaje de productores que mencionaron la oportunidad o la limitante. n=28 productores

4.5.2 Producción bajo ambiente controlado en relación a campo abierto

Ventajas. Los productores mencionaron, 12 diferentes ventajas de producir bajo invernadero en relación a campo abierto (Cuadro 14). De la cuales sobresalen cuatro de ellas; han observado que hay una reducción en cuanto a la incidencia de plagas y en enfermedades y como consecuencia una reducción en la cantidad de plaguicidas utilizados. Un aumento los rendimientos obtenidos y por lo tanto mayores ingresos, debido a un mayor periodo de cosecha y una cosecha segura, ya que el ciclo de cultivo en campo es de 4 meses en comparación a 11 meses promedio en invernadero. Diversos autores mencionan ventajas similares a las anteriores de la producción en ambiente controlado en relación a campo abierto (López 2001, Jesen 2001, Robledo *et al.* 2002, Barrios 2004, Olivera 2004, Jaimez *et al.* 2005, Zheng *et al.* 2005, Rucoba *et al.* 2006, García Alonso *et al.* 2007).

Cuadro 14. Ventajas de la producción bajo estructuras de invernadero en relación a la producción a campo abierto, según las experiencias vividas por los productores que manejan estos sistemas

Ventajas de los invernaderos	Número de Productores*
Menos plagas y enfermedades	25
Mayor rendimiento	19
Mayor período de cosecha	14
cosecha segura	12
Menos plaguicidas empleados y menos contaminación	6
Fruto de mejor calidad	5
Reducción de las adversidades del clima	4
Enfrentan mejor la variabilidad de precios	3
Menos trabajo	2
La mano de obra rinde más	2
Menos costos	1

*se refiere a la cantidad de productores que la mencionaron

Según lo expresaron los productores en la entrevista y lo observado durante el seguimiento, la cantidad de aplicaciones de plaguicidas sintéticos mensuales se reduce significativamente; de ocho aplicaciones mensuales durante la producción de invierno y cuatro en verano, se reduce a un promedio de dos aplicaciones en la producción de tomate bajo invernadero (Figura 15). La mayoría de los productos utilizados son ligeramente tóxicos y aceptados por la EPA; sin embargo, algunos productores por reducir costos y por la renuencia al cambio utilizan productos altamente tóxicos como el terbufos (Anexo 9). De

acuerdo con lo anterior, se puede decir que la producción en invernadero ofrece la ventaja que se puede producir con menos uso de plaguicidas y obtener un fruto más saludable (Jaramillo *et al.* 2007).

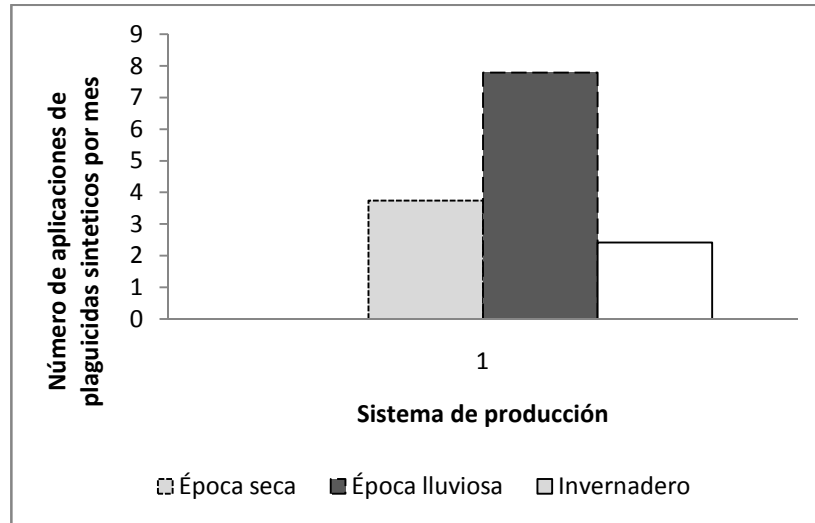


Figura 15. Cantidad de aplicaciones mensuales de plaguicidas en los diferentes sistemas de producción de tomate, en época seca, en época lluviosa y bajo invernadero, en la zona alta San Ignacio-La Palma

Desventajas. La principal desventaja mencionada para la producción en invernadero, es la alta inversión inicial para la construcción de la estructura (Cuadro 15). Los costos de inversión aproximados son de 572m² es de \$5108.00 equivalente a \$9.00 por metro cuadrado. Sin embargo, estas estructuras son a largo plazo por lo tanto este capital es amortizado a tres años plazo implica una recuperación de \$1835.00 anuales (Anexo 10). Además son relativamente económicas en relación a otro tipo de estructuras, ya que estructuras con mayor nivel tecnológico (metálicas y techo curvo) implican inversiones de hasta \$33.00 por metro cuadrado, con la ventaja de una mayor vida útil.

Cuadro 15. Desventajas de la producción bajo estructuras de invernadero en relación a la producción a campo abierto, según la experiencia los productores que manejan estos sistemas

Desventajas de los invernaderos	Cantidad de Productores*
Costo de la estructura	15
Reducción del área de siembra	4
Ninguna	5
Aumento en los costos de fertilización	2
Riesgos al no usar bien el equipo de aplicación	1
Conocimientos especializados	3

* Se refiere a la cantidad de productores que la mencionaron

También es interesante que el 5 de 28 productores manifestaran no haber encontrado desventajas en la producción bajo invernadero (Cuadro 14), lo anterior se debe a que habían dejado de producir tomate a campo abierto ya que los problemas de plagas y enfermedades tienen efecto en bajos rendimientos y altos costos en la aplicación de plaguicidas. Esto concuerda con Carney (1996) y Berdegué y Escobar (2001), quienes afirman que La decisión de un productor de adoptar una innovación es basada en los beneficios que obtendrá de esta y en los costos que incurriría para adoptarla.

4.5.3 Comercialización de la producción

Según lo mencionaron los productores, el mercado es un factor determinante para obtener buenos ingresos; además, el tomate es un cultivo de alto riesgo en la producción y con un mercado bastante volátil, con precios que varían desde \$0.18 hasta \$1.98 por Kg. El consumo de tomate fresco en el salvador es cubierto principalmente por importaciones provenientes de Guatemala, Honduras y Nicaragua, el resto por una producción nacional principalmente de temporada, muy variable y pequeña. De las importaciones de tomate el 90% es comercializado en La Tiendona (mercado mayorista de El Salvador) y es distribuido por mayoristas a los mercados de las demás ciudades (MAGA 2008).

De los productores entrevistados, 19 de 28, venden la producción en la finca a un intermediario local. Este intermediario lleva la producción a un centro de acopio, en donde le da un proceso de valor agregado: lavado, selección y empaque según los requisitos establecidos por su comprador, el cual es una comercializadora de frutas y hortalizas (Hortyfruty). Sin embargo, este no es su único mercado ya que mantienen entre dos o tres compradores de la producción, ya sea en el mercado mayorista de La Tiendona en San Salvador donde los productores llevan o envían el producto, y en menor escala venden a los minoristas del mercado de la ciudad de Aguilares y a los del municipio La Palma, estos tres últimos compran la producción a granel (Cuadro 16).

Los productores mencionaron que los compradores son informales, no hacen contratos establecidos, además el comprador es quien decide el precio y no da beneficios económicos por la calidad de la producción. A lo anterior hace excepción una productora que vende a Hortyfruty, esta compra la producción de los demás agricultores y se ha convertido en un intermedario local. Por lo general los productores o las organizaciones que tienen

mayores vínculos con los mercados tienden a tener mayor éxito y en general van a la vanguardia con la tecnología (Carney 1996).

Cuadro 16. Mercados utilizados por los productores para la comercialización de la producción de tomate bajo invernadero en San Ignacio-La Palma

Mercados	Núm. Productores
Intermediario Local	19
La Tiendona	9
Mercado Aguilares	5
Mercado La Palma	3

Como es conocido hay dos categorías de tomate: de ensalada y de cocina; el primero tiene mayor precio pero los volúmenes de producción, importación y consumo son menores (MAGA 2008). Por este motivo los productores manifestaron que los requerimientos de Hortyfruty son tomate tipo ensalada, tamaño grande o mediano; lo contrario a los demás mercados, en los cuales el tomate más demandado es el tipo cocina o manzano, tamaño pequeño. Debido a lo anterior y al no tener un mercado fijo algunos productores han optado por sembrar tomate de cocina, aunque se obtiene un rendimiento menor. Durante el seguimiento se observó que el productor (EL) optó por no hacer poda de racimo para obtener mayor cantidad de frutos y de tamaño más pequeño, ya que en el mercado la Tiendona es como lo prefieren.

4.5.4 Condiciones microclimáticas dentro de la estructura

En la tercera fase de la investigación los productores que tomaron los datos de temperatura y humedad relativa en tres invernaderos con dos tipos de estructura (plano y de capilla), durante 45 días (Cuadro 17). **El invernadero 1-tomate-IC:** tipo capilla con dos aguas, con un área de 572 m² sembrado con un cultivo de tomate de 5 meses de edad. **El invernadero 2-tomate-IP:** tipo plano con una ligera pendiente en el techo (menor a 5%), con un tamaño de 7*65 m y utilizado para el cultivo de tomate con una edad de tres meses y altura de 3.5 metros. Finalmente, **el invernadero 3-Chile-IC,** tipo capilla dos aguas y con un área 600 m² cultivado con chile de 5 meses de edad (Cuadro 17).

El Cuadro 17 muestra los datos obtenidos por los productores. Se puede observar que en el invernadero 1-tomate-IC se midieron temperaturas menores y la humedad relativa más alta, en relación a los otros dos. Tomando en cuenta que el invernadero 1-tomate-I y el 3-

Chile-IC son capilla dos aguas, esta variación podría explicarse por la altitud 1910 y 1838 msnm respectivamente. Otro factor que pudo influir en la variación es que durante el seguimiento se observó humedad a punto de saturación en el suelo del invernadero 1-tomate-I, debido al ingreso de aguas lluvias al invernadero por la posición a favor de la esorrentía.

Cuadro 17. Variación de la temperatura y humedad relativa tomadas en las hora de la mañana, mediodía y la tarde, en tres invernaderos con dos diferentes tipos de estructura IP= Plano, IC= Capilla, cultivados con chile y tomate, a diferente altitud

Invernadero	Altitud (msnm)	Temperatura			Humedad relativa		
		Mañana	Mediodía	Tarde	Mañana	Mediodía	Tarde
1-tomate-IC	1910	15.6	23.54	17.03	90.74	76.43	88.22
2-tomate-IP	1838	21.64	29.31	21.92	80.13	78.04	86.87
3-Chile-IC	1838	23.06	26.87	21.68	79.26	75.29	84.45

El Cuadro 17 presenta las diferentes condiciones microclimáticas en los invernaderos 2-tomate-IP y 3-Chile-IC, ambos se encuentran a una misma altitud pero que son de un tipo de estructura diferente (2= Plano; 3= Capilla). En el invernadero 2-tomate-IP se tomaron las temperaturas más altas en la hora del medio día, esto posiblemente debido a que en este invernadero tiene menor volumen, por lo tanto, el aire dentro se calienta más rápido. Lo anterior, aunado a que el tipo de malla antiviral que tiene el invernadero dos es de 50 mesh y el invernadero tres de 25 mesh, por lo que el intercambio del flujo del aire tiende a ser menor en el primero. Según Bethke y Paine (1991) el tamaño y forma del agujero de la malla es importante para el flujo del aire, ya que a medida se disminuye el tamaño del agujero también el flujo de aire.

La humedad relativa no fue medida durante la noche; sin embargo, si se considera que se observó rocío durante las mañanas, podría decirse que llega al punto de saturación (100%). Lo anterior, podría ser un problema ya que las humedades relativas altas favorecen el desarrollo de los patógenos y apareamiento de las enfermedades (Ayala *et al.* 1991, Smith *et al.* 1995, Cano *et al.* 2002, Nuez *et al.* 2003, Körner y Holst 2005)

4.5.5 Uso apropiado de la tecnología

La ubicación de la estructura. Según la información obtenida con la boleta de campo para caracterización de las estructuras, los productores no manejan criterios de selección del terreno, utilizan las parcelas que tienen aun que no sean aptas para los

invernaderos. Lo anterior explica las terrazas hechas para construir el invernadero. Además algunas estructuras son colocadas cerca de obstáculos que les pueden ocasionar sombra, y disminuir el desarrollo de los cultivos. Rodríguez y Jiménez (2000) y Barrios (2004), mencionan que el terreno para ubicar la estructura debe ser: nivelado, con buen drenaje y vías de comunicación en buen estado.

Posición de la estructura: el principal criterio considerado es la posición con respecto al viento, ya que se observó y el 35% de los productores mencionaron, que los daños ocasionados por viento son un problema para las estructuras. No obstante, los productores manifestaron que el problema de vientos sería mayor si las plantas estuvieran fuera del invernadero, ya que el daño ocasionado directamente al cultivo sería mayor. Según Rodríguez y Jiménez (2002) y Mateo (2001) los factores climáticos entre ellos el viento es uno de los aspectos importantes a considerar para la ubicación de las estructuras. En cuanto a la orientación para asegurar una mayor penetración de la luz, Shany (2003) menciona que el caso de los países del trópico este criterio no es indispensable.

El sistema de riego. El 100% de los productores utiliza riego por goteo, almacenan el agua en un tanque de 1000 litros, ubicado a una diferencia de altura entre 5 y 10 m para que baje por gravedad a la cinta de riego y que tenga la presión adecuada. Durante el seguimiento los productores mencionaron el riego se hace entre una o tres horas, dependiendo de la humedad del suelo. La frecuencia de riego varía de una vez al día a cada tres días. La humedad en el suelo es el criterio que utilizan para determinar la frecuencia de riego y la cantidad de riego; sin embargo, desconocen la relación que existe entre la humedad del suelo y la del ambiente en el invernadero, así como también la de esta última con el desarrollo de las enfermedades.

La fertilización. En la tercera fase de la investigación se obtuvo información sobre la fertilización, los productores hacen una fertilización base con 20-20-20 durante el trasplante del cultivo. A los 30 o 40 días después del trasplante, dependiendo del desarrollo del cultivo, inician la fertilización utilizando el agua de riego, conocida como fertirrigación. Para esto utilizan dos soluciones nutritivas diluidas por separado en 200 litros de agua. En el Cuadro 18 se presentan las dos soluciones nutritivas utilizadas, el Nitrato de calcio es separado de los demás fertilizantes para evitar la formación de precipitados y, por lo tanto la pérdida de

fertilizantes y el tapado de los goteros de la cinta de riego. Posteriormente de la elaboración de las soluciones nutritivas los productores toman 10 litros de cada solución y los diluyen en un tanque de agua de 1000.

Cuadro 18. Cantidad y tipo de fertilizantes utilizados por los productores en la elaboración de soluciones nutritivas para la fertilización diluida a través del riego a los cultivos bajo invernadero en San Ignacio-La Palma

Soluciones	Fertilizantes utilizados	Formula	Cantidad /kg
Solución nutritiva 1	Nitrato de Calcio	15.5-0-0-26.5 (CaO)	15.0
Solución nutritiva 2	Nitrato de Potasio	13.5-0-44	4.5
	MAP	12-61-0	2.3
	KCL – Blanco	0-0-60	8.2
	Sulfato de Magnesio	0-0-0-16-13(S)	10.0

Cada productor adapta la fertilización sus condiciones económicas, tal es el caso de fertilizantes con elementos menores que no siempre son utilizados, ya que ellos buscan reducir costos. Otros productores, por factores diversos como alto costo de fertilizante o bajo precio de la fruta, optan por fertilización granulada, como resultado han obtenido bajos rendimientos y ciclos de vida de seis meses, lo anterior se debe a que utilizan híbridos altamente demandantes de nutrientes. Los productores que participaron en el seguimiento mencionaron la aplicación alterna entre aplicación de riego con solución nutritiva y con solo de agua, lo que ayuda a mantener la humedad del suelo adecuada y además ayudaba a evitar la acumulación de sales.

Los materiales de cubierta. En la primera y segunda fase de la investigación se observó que el 100% de los productores recubre el techo con plástico UV de 0.7 mm de espesor, este protege a los cultivos de las fuertes lluvias. El techo es asegurado ya sea por alambre galvanizado o cinta de riego reutilizada. Las paredes laterales son cubiertas por malla antiviral ya sea de 25 o de 50 mesh. Sin embargo, se observó que los invernaderos con malla de 25 mesh no impiden la entrada de insectos tales como Mosca Blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) y Pulgón (*Aphis gossypii*). Lo anterior concuerda con lo mencionado por Bethke y Paine (1991) sobre la importancia del tamaño y la forma del agujero en la malla según el tipo de plaga que se desea excluir.

Los materiales estructurales. Se observó que el 100% de los invernaderos son contruidos con madera de pino o de ciprés, disponible en la zona, ya sea rolliza o acerrada; por lo general los productores prefieren la primera ya que es de más bajo costo. Esta madera puede durar entre 3 y 6 años. La distancia entre los postes varía entre 4 y 5 m y los productores mencionaron que es suficiente para soportar el peso de la estructura, ya que hasta el momento ninguna ha colapsado por ese motivo. Barrios (2004), López-Gálvez (2004) y Mary *et al.* (2007) sugieren la adaptación de las estructuras al uso de materiales locales y de bajo costo para construir los invernaderos, otros materiales utilizados son el metal y el hormigón o concreto.

Tipo de estructura. El 80% de los productores poseen estructuras de más de dos años, techo tipo capilla a dos aguas con ventana cenital de 0.75 m, con 13 m de ancho y 52 de ancho (Figura 16), el restante 20% de las estructuras ha variado en cuanto las medidas verticales y horizontales, así como también se han incluido algunas tipo techo plano o parral y otras tipo capilla sin ventana cenital. Shany 2003 recomienda que la longitud de un invernadero no debe ser mayor de 32 m, lo anterior debido a que si la altura máxima del invernadero es de 5m, el aire que penetra a la construcción a una velocidad normal, no puede recorrer una distancia que es mayor de 32m. Esto se debe al rozamiento del aire contra el suelo, las plantas y la construcción.

Las nuevas tendencias en la construcción de estructuras son: eliminar la ventana cenital en el techo a dos aguas y construirlos en terrenos ligeramente planos (pendiente 10%); hacer techos planos en terrenos inclinados (pendiente entre 10 y 25%) con una altura vertical de entre 3 y 4 m. Otras modificaciones que se están considerando es construir invernaderos tipo macrotúnel, con una altura no mayor de 3 m, ancho de 6m y largo entre 40 y 60 m. Por lo tanto, el tipo de estructura a utilizar va a depender mucho de las condiciones de cada productor ya que si bien el tipo parral presenta la ventaja de no hacer nivelación de terreno se sabe que tiene muy mala aireación y por tanto favorece el desarrollo de patógenos.

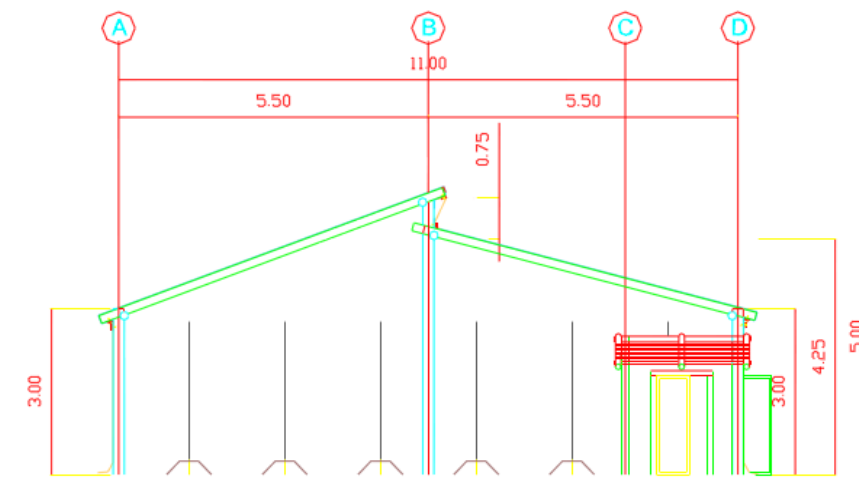


Figura 16. Diseño representativo de la fachada principal del 80% de las estructuras de los invernaderos ubicados en San Ignacio-La Palma. Escala 1:100. Fuente Fintrac-USAID 2009

4.6 Diseño de una propuesta para aprovechar el conocimiento y la capacidad de innovación de los actores involucrados en los sistemas de producción bajo ambiente en la zona de San Ignacio-La Palma como alternativa para lograr el cultivo de hortalizas limpias en la región de Trifinio

Con base a los resultados de esta investigación se propone una alternativa para aumentar la capacidad de innovación agroecológica de los productores en ambiente controlado en San Ignacio-La Palma

4.6.1 Justificación

En el año 2006, productores de la zona alta de San Ignacio- La Palma, apoyados por un programa de desarrollo agrícola, comenzaron a incursionar en sistemas de producción en ambiente protegido (invernaderos). A partir de este año, a raíz de los beneficios obtenidos, la cantidad de estructuras ha ido en aumento, en la actualidad hay más de 54 estructuras. Sin embargo, este crecimiento acelerado ha sido sin tomar en cuenta: los criterios de selección adecuada del terreno, donde ubicar la estructura, y la sostenibilidad del suelo. Lo anterior se refleja en las estructuras que se construyeron en lugares con fuertes vientos y en las terrazas de hasta dos metros para nivelar los terrenos y construir las estructuras, para las cuales se eliminó la capa agrícola del suelo.

El desarrollo de esta tecnología ha sido favorecido por una combinación de diversos factores. Uno de ellos son las condiciones agroclimáticas de la zona que permiten el desarrollo adecuado de los cultivos dentro de las estructuras. Están ubicados a una altitud que oscila entre de 1700 y 2200 msnm y temperaturas promedio externas entre los 10 y 17°C. Otro factor que influye es que, debido a los problemas de plagas y enfermedades presentados en campo abierto, varios productores abandonaron los cultivos. Por lo tanto, esta tecnología se les presenta como una alternativa viable de producción.

El sistema de producción bajo invernadero en esta zona es de forma convencional. No obstante, la cantidad de plaguicidas utilizados, se reduce de ocho aplicaciones mensuales en época lluviosa y cuatro en época seca a dos dentro de la estructura. Por lo tanto, es posible obtener producción más limpia, por la reducción de plaguicidas sintéticos, de hortalizas en estos sistemas. Según Goto (1997), Fontes (1999), Grande *et al.* (2003), Gama *et al.* (2008) el aumento del número aplicaciones de plaguicidas en estructuras de invernadero; puede significar mayor riesgo de contaminación de agua, suelos, alimentos y de las personas que trabajan en el ambiente cerrado.

Además, en la zona existen las condiciones socioeconómicas que permiten el auge de esta tecnología. Existen productores que al analizar las ventajas que ofrece esta tecnología toman la decisión y que tienen la capacidad económica de invertir recursos propios en la construcción de las estructuras (33%). Así como también están los productores que no tienen los recursos económicos pero tienen la capacidad de gestionar los recursos ya sea mediante préstamos (34%) o donaciones (33%). Esta inversión de los productores se ve más favorecida por las vías de comunicación en buen estado y a que se encuentran a una distancia de aproximadamente 110 km de San Salvador (mercado principal).

La falta de conocimientos agroecológicos, relacionados con la salud y vida del suelo y los factores que afectan el desarrollo de plagas y enfermedades, puede deberse a que los productores no tienen fuentes de información para producción agroecológica; mantienen como fuentes de producción orgánica la ONG CLUSA y las capacitaciones gestionadas por organizaciones de productores a las que pertenecen. Sin embargo, estas fuentes no son frecuentemente utilizadas por los productores. Además el sistema de innovación es deficiente

debido a que hay muy pocos o no existen vínculos, para la coordinación y comunicación, entre los actores del sistema.

Durante la investigación se determinó que la capacidad de innovación agroecológica para producción bajo ambiente protegido es limitada. Por lo general el 100% de los productores mencionó cuando hay presencia de plagas y enfermedades hacen control con plaguicidas sintéticos. Lo anterior, debido a la falta de conocimientos agroecológicos de los productores (de acuerdo con el 36% de los productores), esto se refleja en las pocas prácticas agroecológicas utilizadas en los cultivos, utilizan en promedio seis prácticas y estas no son frecuentes. Además, el 29% manifestó que no hay una oferta de insumos alternativos a los químicos sintéticos.

Otro factor que influye es la visión empresarial y organizacional de estos es limitada. El 43% de los productores no pertenecen a un grupo organizado y manifestaron no interesarles pertenecer a alguno, esto porque según mencionaron no tienen buenas referencias de las organizaciones de productores, el restante 57% pertenece a alguna organización pero no son miembros activos. En cuanto a la visión empresarial los productores no tienen mercado seguro, ni diferenciado; la mayoría venden la producción en el mercado de mayoristas La Tiendona en San Salvador, El Salvador o a un intermediario local; el precio es impuesto por el comprador.

4.6.2 Estrategias de intervención de la propuesta

Según las limitantes o retos encontrados durante la investigación (Cuadro 19) se hace una propuesta para aprovechar los conocimientos actuales y aumentar la capacidad de innovación para la producción en invernaderos en San Ignacio-La Palma.

Cuadro 19. Limitantes encontradas para la producción agroecológica, en cultivos bajo invernadero en San Ignacio-La Palma, y las estrategias de intervención para obtener cambios y fortalecer la capacidad de innovación

Limitantes o retos	Estrategias de intervención
Falta de conocimientos: de salud y fertilidad de suelo, agroecológicos de manejo de plagas y enfermedades, manejo del microclima de las estructuras	Enfoque agroecológico desarrollado mediante fortalecimiento de conocimientos y prácticas, utilizando métodos participativos como escuelas de campo
Productores no organizados y con falta de visión empresarial	Enfoque de procesos organizacionales para la formación de empresas rurales
Poca relación entre los actores	Enfoque de sistemas de innovación para establecer alianzas estratégicas, plataformas, redes.

Para el desarrollo de esta propuesta se tendrá la siguiente estrategia de intervención:

1. **Enfoque agroecológico** desarrollado mediante fortalecimiento de conocimientos y prácticas, utilizando métodos participativos como escuelas de campo (Altieri 1999, Pumisacho y Sherwood *eds* 2005). Para esto se tomarán en cuenta tanto a los productores como a los proveedores de servicios. Tomando en cuenta que se trabajara con personas adultas, el proceso se desarrollara mediante el método de descubrimientos en el cual ellos vayan conociendo las interacciones que existen en el agroecosistemas del invernadero, tales como:

La relación de la salud suelo con la salud de la planta, incentivar que sigan incorporando materiales orgánicos y mejorar esta práctica con el uso de abonos procesados, ya que actualmente utilizan gallinaza.

La relación entre las condiciones de temperatura y humedad relativa con el desarrollo de las plagas y enfermedades, así como las formas para manejar estas condiciones tales como: la ventana cenital para la aireación y el mantenimiento de la humedad relativa, cortinas en las paredes para guardar el calor (baja temperatura), mallas en el techo para reducir la temperatura, tiempo y frecuencia de riego con la humedad en el invernadero.

La relación de tomar medidas de bioseguridad en el invernadero con la presencia de plagas y patógenos, tales como: instalación de pediluvios para evitar contaminación de los suelos, ingreso antes a los invernaderos con plantaciones más jóvenes y luego a los

adultos, desinfección de manos y herramientas, construcción de canales de drenajes alrededor del invernadero para evitar el ingreso de patógenos y de humedad, el uso de la doble puerta.

Otras alternativas al uso de los químicos, tales como controladores biológicos, rotación con otros cultivos con los cuales se obtenga buena rentabilidad, en suelos donde la incidencia de plagas y patógenos del suelo sea alta es posible implementar la solarización, durante la época seca.

Otras alternativas de sistemas protegidos: en terrenos inclinados y para cultivos de porte bajo es posible utilizar microtúneles.

2. Enfoque de procesos organizacionales para la formación de empresas rurales, sí bien el 57% de los productores pertenecen a alguna organización estos mencionaron no ser miembros activos. Sin embargo, los productores en invernadero manifestaron ciertos intereses en común, tales como la reducción de costos, aumento de conocimientos, mejora de ingresos. Por tanto, con el objetivo de satisfacer esas necesidades, esta estrategia se propone facilitar y promover mecanismos de organización (Junkin *et al.* 2005).

Para este desarrollar este proceso se Este proceso se desarrollara mediante distintas fases
Fase 1: Razones para actuar juntos, los productores serán capacitados sobre los beneficios que se obtienen de actuar en conjunto (negociar precios en el mercado, reducción en los costos de insumos y comercialización de productos, establecer mercados). De esta manera iniciara un proceso en el cual los productores puedan ir desarrollando actividades en conjunto e ir estableciendo lazos de confianza entre ellos, a la vez establecer las normas y reglas entre los miembros.

Fase 2: Constitución de la organización, en esta fase los productores ya consientes y de acuerdo con la necesidad de organización junto al facilitador establecerán la forma de constitución que más convenga con los intereses que persigan (asociación, cooperativa, sociedad limitada, sociedad colectiva). A la vez que se establecerán la misión y visión de la organización, planes estratégicos y operacionales, reglamentos operativos y los reglamentos y estatutos de la organización.

Fase 3: Alianzas claves. Los productores organizados iniciaran un proceso de alianzas con otros actores del sistema, tales como los proveedores de servicios, proveedores de insumos y comercializadores. Con los cuales se puedan establecer relaciones favorables a largo plazo.

3. **Enfoque de sistemas de innovación** (Engel 2002) con el objetivo de promover el intercambio de conocimientos entre los diferentes actores del sistema, se propone establecer alianzas estratégicas, plataformas, redes de comunicación entre los actores del sistema en el cual estén involucrados desde los productores, las ONGs, las Instituciones de la zona (Asociación Cayaguanca y CENTA), los compradores de la producción y otras organizaciones de la zona con experiencia en manejo agroecológico de los cultivos. Al existir un intercambio de información entre los distintos actores se espera un aprendizaje interactivo entre los participantes de esta manera se facilitara el desarrollo de nuevas perspectivas y diferentes interpretaciones, en consecuencia la capacidad para la innovación del sistema aumentara (Engel 2002).

4.6.3 Objetivos de la propuesta

Objetivo de desarrollo del proyecto visión a largo plazo

Los productores de hortalizas en invernaderos son capaces de innovar, para mejorar la producción, con prácticas agroecológicas que permitan reducir los costos de producción, mantener la sostenibilidad ambiental y económica con énfasis en la protección del suelo y de esta forma mejorar su calidad de las familias productoras.

Objetivos del proyecto-mediano plazo

Objetivo general: Los productores y proveedores de servicio de hortalizas bajo invernadero en la zona alta de San Ignacio-La Palma aumentan su capacidad de innovación para el manejo agroecológico y empresarial de hortalizas en ambientes protegidos.

Objetivos específicos

- Los productores inician un proceso de organización, con visión empresarial, para reducir costos de producción y comercialización y buscar nuevos mercados para venta de hortalizas especiales producidas en ambientes protegidos

- Los actores involucrados en la producción de hortalizas protegidas aumentan sus conocimientos y habilidades en cuanto al manejo agroecológico de los cultivos con énfasis en la fertilidad y salud del suelo. Además fortalecen los conocimientos de manejo de las condiciones microclimáticas dentro de las estructuras.

- Los diferentes actores del sistema de innovación fortalecen las redes de comunicación y sus vínculos, que les permiten acceder a fuentes de información y el desarrollo de innovaciones locales

4.6.4 Resultados esperados e indicadores de la propuesta

OE1. Los productores inician un proceso de organización, con visión empresarial, para reducir costos de producción y comercialización y buscar nuevos mercados para venta de hortalizas especiales producidas en ambientes protegidos

Resultados	Indicadores de cambio
Organización de productores de Hortalizas en ambiente protegido, formada y fortalecida con visión y capacidades empresariales	% de productores de hortalizas activos en organización empresarial. Organización con orientación estratégica misión, visión y objetivos definidos y un plan en ejecución para el cumplimiento de estos. % de familias productora organizadas usan criterios económicos y de mercados para tomar sus decisiones. % de productores con plan de recuperación de los costos invertidos en la estructura. % de productores que mantienen registros de labores, costos e ingresos.
Organización de productores de hortalizas en ambiente protegido, producen y comercializan hortalizas especiales en condiciones favorables	% de la producción es comercializada con incentivos favorables a la organización Comercialización y mercadeo (manejo de abastecimiento de de la producción, conocimientos y contactos de mercado)

OE2. Los actores productores de hortalizas protegidas aumentan sus conocimientos y habilidades en cuanto al manejo agroecológico de los cultivos con énfasis en la fertilidad y salud del suelo. Además fortalecen los conocimientos de manejo de las condiciones microclimáticas dentro de las estructuras.

Resultados	Indicadores de cambio
Productores de hortalizas y sus familias, fortalecen sus conocimientos agroecológicos	Familias productoras capacitadas en: Manejo de la salud y fertilidad de los suelos Manejo agroecológico de los cultivos Comportamiento de plagas y enfermedades en invernaderos Insumos alternativos al uso de plaguicidas sintéticos
Productores de hortalizas y su familias mejoran sus capacidades para la implementación de innovaciones agroecológicas	% de productores utilizando de fertilizantes orgánicos, % de productores que eliminan el uso de biocidas para el manejo de las plagas y patógenos del suelo. Reducción de los fertilizantes sintéticos utilizados (kg/área cultivada) Reducción de plaguicidas sintéticos utilizados (kg/área) Cantidad de prácticas agroecológicas utilizadas en el cultivo
Productores de hortalizas y sus familias con capacidades para evaluar y sistematizar su capacidad de aprendizaje y de innovación	% de productores que adoptaron las nuevas prácticas y conocimientos adquiridos, y lo adaptaron a sus condiciones

OE3. Los diferentes actores del sistema de innovación fortalecen las redes de comunicación y sus vínculos de manera que permiten mantener fuentes de información constantes.

Resultados	Indicadores de cambio
Desarrollada y fortalecida la capacidad de comunicación de la organización de productores con otros socios de la región	Alianzas y redes Alianzas con otras organizaciones de productores Alianzas comerciales con compradores y proveedores Alianzas con proveedores de servicios técnicos empresariales y financieros
Diversos actores de sectores públicos y privados, desarrollan alianzas para fortalecer el sistema de innovación en la producción y comercialización de hortalizas en ambientes protegidos	Plataformas de coordinación conformadas por todos los actores involucrados, mantienen mecanismos y procesos efectivos para acceder, intercambiar y difundir información y conocimientos Plataformas de investigación, conformadas por los actores (por ejemplo: CENTA, Universidades), con agendas estratégicas para el desarrollo de innovaciones en ambientes protegidos

5 CONCLUSIONES

Los sistemas de producción de agricultura protegida en la Región Trifinio se caracterizan por el empleo de estructuras de bajo costo, con reducido consumos de energía orientado principalmente a controlar la precipitación y la entrada de plagas con mínimo manejo del clima generado bajo la estructura.

El uso de ambientes protegidos es una tendencia para el cultivo de hortalizas es esta región, y en estos sistemas donde el objetivo es aislar el cultivo y esterilizar el medio donde se desarrolla, será un gran reto incluir conceptos agroecológicos en el manejo.

La capacidad de innovación en los sistemas de producción bajo ambiente controlado es limitada por la poca frecuencia de las interacciones entre los actores y por lo tanto por las pocas oportunidades para el intercambio de información y de experiencias

El manejo agroecológico de los cultivos en los invernaderos está limitado por la falta de información y conocimientos en cuanto a la salud y fertilidad de suelo, ecología y biología de las plagas y enfermedades y manejo de las condiciones de microclima dentro de las estructuras.

Los productores no cuentan con una fuente de información para la producción agroecológica, a la que puedan acudir frecuentemente; sin embargo, se encontró una necesidad de estos para aumentar sus conocimientos en esta área de producción.

La combinación del uso de sistemas protegidos con el enfoque agroecológico como estrategia de desarrollo puede ayudar sustancialmente a mejorar la calidad de vida de los productores, reducir los efectos en ambiente y en la salud de la población.

6 RECOMENDACIONES

Se recomienda diseñar o desarrollar un plan de investigación en sistemas protegidos, que incluya aspectos tales como: manejo de la salud y fertilidad del suelo, alternativas de control de plagas y enfermedades y de microclima dentro de la estructura.

Se recomienda concertar con los actores claves (locales y nacionales) mediante un proceso participativo el proceso de implementación de la estrategia propuesta para fortalecer la capacidad de innovación.

Se recomienda implementar un sistema de interacción entre actores que permita mantener información actualizada sobre las innovaciones para la producción en ambiente protegido en la Región Trifinio.

Se recomienda evaluar diferentes adaptaciones a los invernaderos de manera que se adecuen a las condiciones y requerimientos de cada zona, así como también otras alternativas de sistemas protegidos (micro y macro túneles).

7 BIBLIOGRAFÍA

- Andreas, C. 1996. Muestreo de Mosca Blanca. Hilge L. Ed. *In* Metodologías para El estudio y manejo de Moscas Blancas y Geminivirus. Centro de Agricultura Tropical de investigación y enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. Materiales de enseñanza 37:22-29
- Alas Martínez, M. 2003. Estructura de costos, para la producción de hortalizas en invernaderos de la cuenca del Río Reventazón, Turrialba, Costa Rica. Thesis M.Sc. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 105 p.
- Alpi, A; Tognoni F. 1975. Cultivo en invernadero. Mundi-Prensa. España. 246 p.
- Altieri, M.A. 1999. Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable. Nordan Comunidad. España. 338 p.
- Arguello, H; Lastres, L; Rueda, A; Rivera, M. 2007. Guía para el reconocimiento y manejo de virosis en cultivos hortícolas. Zamorano, Honduras. 97 p.
- ASFE. 2005. Centro de agronegocios. Perfil del mercado del tomate de mesa internacional, regional y nacional. Tegucigalpa, Honduras. 15 p
- Ayala, JE; Godínez, R; De Doñan, M. 1991. Efecto del asocio tomate-maíz para el control de *Alternaria solani* y *Phytophthora infestans* en el valle de Zapotitlán. *In* Reunión anual PCCMCA. Panamá. 112- 118 p.
- Bai, Y; Lindhout, P. 2007. Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? (En línea). Consultado el 20 de agosto de 2009. Disponible en: <http://aob.oxfordjournals.org/cgi/content/full/100/5/1085>
- Baille, A. 1999. Greenhouse structure and equipment for improving crop production in mild winter climates. *Acta Horticulturae*. 491:37-48.
- Benito, E; Arranz, M; Eslava, A. 2000. Factores de patogenicidad de *Botrytis cinérea*. *Revista Iberoamericana de Micología*. 17:43-46
- Barrantes, R. 2006. Investigación: un camino al conocimiento, un enfoque cuantitativo y cualitativo. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 264 p.
- Barrios, O. 2004. Construcción económica y simple de invernadero. FAO. 34 p.
- Bascur, G. 2002. Trepador-inia: variedad de poroto verde (*Phaseolus vulgaris*) para cultivo bajo invernadero. *Agric. Téc.* 62(1):158-165.

- Baudoin, W; Grafiadellis, M; Jiménez, R; Lamalfa, P; Montiero, A; Nisen A; Verlodt, H; Villele, O; Von Zabeltitz, C; Garnaud, J. 2002. El cultivo protegido en clima mediterráneo. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) Roma, Italia. 320 p.
- Berlinger, M; Taylor, A; Lebiush-Mordechi S; Shalhevet, S; Spharim I. 2002. Bulletin of Entomological Research (2002). Efficiency of insect exclusion screens for preventing whitefly transmission of tomato yellow leaf curl virus of tomatoes in Israel. Cambridge University Press. 92:367-373
- Berdegú, J. 2005. Sistemas de innovación favorables a los pobres. FIDA. 49 p.
- Berdegú, J; Escobar G. 2001. Innovación agrícola y reducción de la pobreza. RIMISP. 61p.
- Berdegú, J; Ocampo, A; Escobar, G. 2007. Sistematización de experiencias locales de desarrollo rural, Guía metodológica. Versión aumentada y corregida. FIDAMERICA y PREVAL. 50 p.
- Berrio, A. 2006. Elementos para la difusión de innovaciones agrícolas. INIAP. Información y documentación agrícola. 18 p.
- Bethke, J; Paine, T. 1991. Screen hole size and barriers for exclusion of insect pests of glasshouse crops. J. Entomol. Sci. 26:169-177
- Bolaños, O. 1999. Contribución de la sociología al conocimiento y transformación de los sistemas de producción agropecuaria. XI congreso nacional agronómico. La lima, Perú. 451-459 p.
- Blancard, D. 1996. Enfermedades del tomate. Mundi-Prensa. Madrid, Es. 212 p.
- Cano, P; Rodríguez, N; Chávez, J; Chew, Y. 2002. Identificación de plagas y enfermedades de tomate bajo condiciones de invernadero. *In* Martínez Ríos, J; Escobedo, D; Martínez Trujillo, J y Martínez Ríos, A. Memorias de la XIV semana internacional de agronomía FAZ- UJED. Durango, México. 220-225 p.
- Carney, D. 1996. Formal farmers organisations in the agricultural technology system: current roles and future challenges. Natural resource perspectives. Overseas Development Institute, London. 10 pg
- Castañeda-Miranda, R; Ventura-Ramos, E; Peniche-Vera, R; Herrera-Ruiz, G. 2007. Análisis y simulación del modelo físico de un invernadero bajo condiciones climáticas de la región central de México. *Agrociencia*. Querétaro, México. 41(3):317-335.

- Cayaguanca. 2009. Datos geográficos y climatológicos del municipio de Ocotepeque (en línea). Consultado el 25 de febrero de 2009. Disponible en <http://www.cayaguanca.com/geografico.htm>
- Cimadevila, F; Morales, M; Ruiz Carpintero, M; Martín Rodríguez, A. 2007. Una agricultura limpia y natural. España. Revista de Plásticos Modernos. (617):396-398.
- Cox, S. 2000. I Say Tomayto, You Say Tomahto (en línea). Consultado el 21 de agosto de 2008. Disponible en: <http://lamar.colostate.edu/~samcox/Tomato.html>
- Cuenta del Milenio Honduras. 2009. (En línea). Programa EDA (Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores). Consultado 23 de febrero 2009. Disponible en <http://www.mcahonduras.hn/>
- Cuenta del Milenio Honduras (MCA-Honduras) y Programa Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores (EDA). 2007. (En Línea). Invernaderos de alta tecnología y bajo costo hacen una diferencia en Honduras. Consultado el 22 de febrero 2009. Disponible en: http://www.fintrac.com/docs/EDA/07_12_EDA_SS_Greenhouses_ESP.pdf
- Díaz Díaz, N; Aguilar Díaz, I; De Saá Pérez, P. 2006. El conocimiento organizativo tecnológico y la capacidad de innovación. Evidencia para la empresa industrial española. Cuadernos de economía y dirección de la empresa. 27:33-60
- Engel, P. 2002. La organización social de la innovación, en tocando en/sobre la interacción de los agente involucrados. Trad. Capdevila, M. RIMISP. Chile. 240 p.
- FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación). 1991. Protected cultivation in the Mediterranean climate. Plant protection paper No 90. 317 Pp
- FAO. 2007. FAOSTAT, División Estadística (en línea). Consultado el 20 de junio de 2008. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
- FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación). 2008. Anuario estadístico de la FAO. Producción de frutas y hortalizas y su proporción a nivel mundial. 67-70 p.
- FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación) y Banco Mundial. 2000. Agricultural Knowledge and Information Systems for Rural Development (AKIS/RD). Strategic Vision and Guiding Principles. Food and Agriculture Organization of the United Nations, and World Bank: Rome

- Fintrac Harvest. 2006. (En línea). Actualización de las actividades de agronegocios de Fintrac a través del mundo. Consultado el 22 de febrero 2009. Disponible en http://www.fintrac.com/fintrac_harvest/harvest_Espanol_spring06.pdf
- Fontes, P.C.R.1999. Produção de hortaliças em ambiente protegido: uma técnica a ser aprendida. Informe Agropecuário, Belo Horizonte. Brasil. 20(200):1-2.
- Gama, A; Lima, H; Lopes, M; Teixeira, W. 2008. Caracterização do modelo de cultivo protegido em Manaus com ênfase na produção de pimentão. Horticultura Brasileira. 26: 121-125.
- García Alonso, Y; Espí, E; Salmerón, A; Fontecha, A; Baeza, E; Pérez Parra, J; López, J. 2007. Simulaciones del clima en invernaderos cubiertos con filmes plásticos reflectantes del infrarrojo cercano. España. Revista de Plásticos Modernos, (617):422-427.
- González, E; Yáñez, M; Santiago, V; Montero, A. 2004. Biodiversidad fungosa en la marchitez del chile y algunos factores involucrados, en Tlacotepec de José Manzo, El Verde, Puebla. Agrociencia, Colegio de Posgraduados. 38(6):653-661
- Goto, R. 1997. Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico-econômica. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 15:163-165
- Grande, L; Luz, J; Melo, B; Lana, R; Carvalho, J. 2003. O cultivo protegido de hortaliças em Uberlândia-MG. Horticultura Brasileira. Brasília. 21(2) 241-244.
- Grant, R. 1996. Toward a knowledge-based theory of the firm. *Strategic Management Journal*. 17:109-122
- Greer, L; Diver, S. 2000. Organic greenhouse vegetable production. ATTRA, Appropriate Technology Transfer for Rural Areas. United Stated.19 p.
- Jaimez, R; Da-Silva, R; Aubeterre, B; Allende, A; Rada, F; Figueiral, R. 2005. Variaciones microclimáticas en invernadero: efecto sobre las relaciones hídricas e intercambio de gases en pimentón (*Capsicum annuum*).México. Agrociencia. 39: 41-50.
- Jaramillo, J; Rodriguez, V; Guzman, M; Zapata, M; Renfigo, T. 2007. Buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Antioquia, Colombia. 331 p.

- Jensen, M. 2001. Producción hidropónica en invernaderos: Red de Hidroponía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. Boletín Informativo. 12: 4-10
- Junkin, R; Donovan, J; Stoian, D; Vargas, E. 2005. Organización empresarial de pequeños productores y productoras. Guía para Facilitadores de las Etapas Iniciales del Desarrollo Empresarial Rural. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 102 p.
- Kaimowitz, D. (1991). Moving forces: external pressure and the dynamics of technology systems. *In: Kuiper, D. and Röling, N.G. (eds) The edited proceedings of the European Seminar on Knowledge Management and Information Technology. Wageningen University.*45-56 p.
- Körner, O y Holst, N. 2005. Model based humidity control of *Botrytis* in greenhouse cultivation. *Acta Hort. (ISHS).* 691:141-148.
- León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. Solanaceas: Tomate, *Lycopersicon esculentum*. *AgroAmérica.* 3^a ed. San José Costa Rica. IICA. 317-321 p.
- Loos RA; Silva, DJH; Fontes, PCR; Picanço, MC. 2008. Identificação e quantificação dos componentes de perdas de produção do tomateiro em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 26:281-286.
- López, J.C. 2001. Incorporación de tecnología a invernadero en el mediterráneo. Sistemas de calefacción. Almería, España.11-23 p.
- López, J; Martínez, J y García, H. 2002. Comportamiento de cuatro genotipos de *Zea mays* L. en ambientes limitados de humedad. *In* Martínez Ríos, J; Escobedo, D; Martínez Trujillo, J y Martínez Ríos, A. Memorias de la XIV semana internacional de agronomía FAZ- UJED. Durango, México. 146-149 p.
- López-Gálvez, L. 2004. Aplicación de los plásticos en la actividad agropecuaria. Encuentro de plasticultura, Ecuador. 77-89 p.
- López-Pérez, J; Arias, M; Sanz, R; Escuer, M. 2003. Alternativas al bromuro de metilo en cultivos protegidos de la Comunidad de Madrid. *Boletín de Sanidad Vegetal y Plagas.* 29:481-489.
- Lozares, C. 2005. Bases socio-metodológicas para el análisis de redes sociales, ARS. *Revista de metodología de ciencias sociales.* Barcelona, España. 10:9-35.

- Macedo Pezzopane, E; Pedro Júnior, M; Aldo Ortolani,A. 1995. Modificacoes microclimáticas provocadas por estufa com cobertura plástica. Brasil. *Bragantia*. 54(2):419-425.
- MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). 2008. Tomate, Programa de apoyo a los agronegocios. Guatemala, Guatemala. 31 p.
- Magdoff, F; van Es, H. 2000. Building soils for better crops: Sustainable agriculture network. Handbook series book 4. 2 editions. Sustainable Agriculture Publications, Burlington, VT. 241 p.
- Mary, W; Kenmochi, C; Cometti, N; Leal, P. 2007. Avaliação de estrutura de bambu como elemento construtivo para casa de vegetação. *Eng. Agríc. Jaboticabal*. Brasil. 27(1):100-109.
- Mateo, J.M. 2001. Medios de protección para la hortofloricultura y el viverismo. Mundi-Prensa. Madrid, España. 288 p.
- Mimoso, J. 2003. Influencia de las normas subsidiarias que obligan a recoger el agua de lluvia caída sobre la cubierta de los invernaderos, en el diseño de pequeños embalses del sudeste de España. *Revis. Ingeniería Civil*. Departamento de Ingeniería Rural. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería. 10-16 p.
- Miranda, R; Martínez, D. 2007. Estudio sobre los riesgos laborales derivados de la construcción de invernaderos y de las medidas preventivas aplicables para reducir su incidencia. Ed. Colegio oficial de Ingenieros Técnicos agrícolas de Almería. España. 217 p.
- Morales, G. 2004. El cultivo de rosas. *Encuentro de plasticultura*. Ecuador. 59-73 p.
- Monge, M; Hartwich, F. 2008. Análisis de redes sociales aplicado al estudio de los procesos de innovación agrícola. *REDES (Revista hispana para el análisis de redes sociales)*. 14(2): 1-31.
- Mulet, J.2003. Una visión empresarial del sistema Español de innovación. *Economía Industrial* 354 (6): 26-35.
- Montri, A; Biernbaum, J. 2009. Management of the Soil Environment in High Tunnels. *Hortechology*. 19(1): 34-36

- Nuez, F. 1991. La mejora genética de hortalizas. *In* Nuez F y Rallo L. 1991. La horticultura española en la Comunidad Europea. Sociedad española de ciencias hortícolas. 483-505 p.
- Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate. Mundi-Prensa. Madrid, Es. 793 p.
- Nuez, F; Ortega, R; Costa, J. 2003. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Mundi-Prensa. Madrid, Es. 210 p.
- Olivera, J. 2004. Tecnología Agrícola con Plástico (Invernaderos). Encuentro de plasticultura, Ecuador. 90-93 p.
- Ostrom, E. (2003). Toward a behavioral theory linking trust, reciprocity and reputation, en Ostrom, E; Walker, J. (eds): Trust and reciprocity, (New York, The Russell Sage Foundation). 19-79 p.
- Ozcatalbas, O; Ozkan, B; Sayin, C. 2002. Analysis of Extension Services and Growers' Knowledge Level in Greenhouse Production in Antalya, Turkey. *Journal of Agricultural Research*, Tanta University, Special Issue. 28(3):990-998.
- Padilla, D; Suchini, G; Rosales, N. 2007. Informe de actividades de la fase inicial del proyecto; Innovaciones en cadenas de valor sostenibles para hortalizas especiales en Trifinio. 39 p.
- Parr Rosson, C; Adcock, F. 2000. El Mercado mundial para pasta de tomate. Department of Agricultural Economics. Texas A&M University. 28 p.
- PESA-Guatemala (Programa Especial para la Seguridad Alimentaria). 2005. (En línea). Familias rurales mejoran sus ingresos aplicando tecnología producción en invernaderos. Consultado el 25 de febrero 2009. Disponible en: http://www.pesacentroamerica.org/pesa_guatemala/documentos/fichas_mision_definitivas.pdf
- Pickett Pottorff, L; Panter, K. 2009. Integrated Pest Management and Biological Control in High Tunnel Production. *Hortechology*. 19(1): 61-65
- Pomareda, C; Harwicht, F. 2006. Innovación agrícola en America Latina, comprendiendo el papel del sector privado. IFGRI. 6 p.
- Pumisacho, M; S. Sherwood (eds). 2005. Guía metodológica sobre Escuelas de Campo de Agricultores. CIP-INIAP-World Neighbors. Quito, Ecuador. 185 p.

- Robledo, V; Hernández, J y Bacópulos, E. 2002. Producción de hortalizas en invernadero con enfoque orgánico. *In* Martínez Ríos, J; Escobedo, D; Martínez Trujillo, J y Martínez Ríos, A. Memorias de la XIV semana internacional de agronomía FAZ- UJED. Durango, México. 47-57 p.
- Rodríguez, R; Rodríguez, J; Medina J. 2001. cultivo moderno del tomate. 2 ed. Madrid, ES. 255 p.
- Rodríguez, R; Jiménez, F. 2002. Manejo de invernaderos. *In* Martínez Ríos, J; Escobedo, D; Martínez Trujillo, J; Martínez Ríos, A. Memorias de la XIV semana internacional de agronomía FAZ- UJED. Durango, México. 58-65 p.
- Rodríguez, H; Muñoz, S; Alcorta, E. 2006. El tomate rojo sistema hidropónico. Trillas. México. 82 p.
- Rogers, E. 1995. Diffusion of innovations. 4 ed. New York. 518 p.
- Rucoba, A; Anchondo, A; Lujan, C; Olivas, J. 2006. Análisis de la rentabilidad de un sistema de producción de tomate bajo invernadero en la región Centro-Sur de chihuahua. *Revista mexicana de agronegocios*. 10(19):1-10.
- Ruiz, P; Sanders, B; Vulic, V; Zenner, J. 2004. Innovación en la estabilización ultravioleta de cubiertas para invernaderos- últimos desarrollos en plasticultura. Encuentro de plasticultura, Ecuador. 41-51 p.
- Sainz de Vicuña, JM. 2006. Innovar con éxito. Madrid, España. ESIC. 298 p
- Salomon, M.; Engel, P. 1997. Networking for innovation: a participatory actor-oriented methodology. Royal Tropical Institute. The Netherlands. 13 p.
- Salomon, M; Engel, P. 2002. Enredamiento en la innovación, una metodología participativa orientada al actor. Trad. Capdevila, M. RIMISP. Chile. 79 p.
- Samaniego-Cruz, E; Quezada-Martín, M; De la Rosa-Ibarra, M; Munguia-López, J; Benavidez-Mendoza, A; Ibarra-Jimenez, J. 2002. Producción de plántulas de tomate y pimiento con cubiertas de polietileno reflejante para disminuir la temperatura en invernadero. *Agrociencia*. México. 36:305-318.
- Sánchez Gutierrez, F. 1994. Control biológico de plagas en invernadero. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 86 p.
- Sánchez, D; Scotta, R; Arregui, C. 2002. Monitoreo de estados inmaduros de la mosca blanca [*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera-Aleyrodidae)] reinfestando

- cultivo de tomate bajo invernadero en el período estival. Revista de investigaciones de la facultad de ciencia agrarias. Chile. 2: 14-20.
- Schuster, DJ. 2001. Enfermedades no infecciosas: Daños y enfermedades causados por artrópodos. *In* Jones, JB. 2001. plagas y enfermedades del tomate. Enfermedades del tomate. Trad. M Jiménez, The phytopathological society. España. 1-2 p.
- Shany, M. 2003. Tecnología de producción bajo cobertura. Memorias curso internacional sobre: producción de hortalizas bajo condiciones protegidas. Israel. 66 p.
- Smith, J; Offord, L; Holderness, M; Saddler, G. 1995. Genetic Diversity of *Burkholderia solanacearum* (Synonym *Pseudomonas solanacearum*) Race 3 in Kenya. Applied and environmental microbiology. American Society for Microbiology. 61(12): 4263-4268.
- Snyder, R. 2006. Guía del cultivo del tomate en invernaderos. Servicio de Extensión de la Universidad Estatal de Mississippi. Publicación 2419. 24 p.
- Suchini, J. 2007. Caracterización de la producción de hortalizas bajo condiciones protegidas (invernaderos y casas malla) en seis municipios del departamento de Chiquimula, República de Guatemala. Thesis Ing. Agrónomo. Centro Universitario de Oriente, Universidad de San Carlos. Guatemala. 74 p.
- Teece, D. 1998. Capturing value from knowledge assets: the new economy, markets for know-how and intangible assets. California management. 40(3):55-79
- Tigchelaar EC. 2001. Botánica y cultivo. *In* Jones, JB. 2001. plagas y enfermedades del tomate. Enfermedades del tomate. Trad. M Jiménez, The phytopathological society. España. 2-4 p.
- Urtecho, K. 2005. Elaboración de inóculo microbiológico MM. *In* Feria América Tropical. La sostenibilidad esta en tus manos. Memorias. EARTH, CR. 20 p.
- Vera, A. 2005. Diálogo ente lo cualitativo y cuantitativo en la investigación científica. El desafío de la triangulación. Revista Ciencia y Trabajo. Santiago, Chile. 7(15): 38-40
- Vera, A; Villalón, M. 2005. La triangulación entre métodos cuantitativos y cualitativos en el proceso de investigación. Revista Ciencia y Trabajo. Santiago, Chile. 7(16):85-87
- Vida, J; Zambolim, L; Tessmann, D; Brandão, J; Verzignassi, J; Caixeta, M. 2004. Manejo de Doenças de Plantas em Cultivo Protegido Fitopatol. Brasil. 29(4):355-372.

- Villani, L; Wilson, S. 2005. Manejo do ambiente em cultivo protegido. Manual técnico de orientação hortaliçmento. 13-28 p.
- Yilmaz, I; Sayin, C; Ozkan E. 2005. Turkish greenhouse industry: past, present, and future. *Journal of Crop and Horticultural Science*. New. Zealand. 33:233–240.
- Yogel, G. 2006. Innovación aprendizaje: La redes y los sistemas locales. Aportes para una estrategia PYME en Argentina. Universidad Nacional de General Sarmiento. 147 p.
- Zheng, L; Zhou, Y; Song, K. 2005. Augmentative biological control in greenhouses: experiences from china. *Second International Symposium on Biological Control of Arthropods*. 538-545 p.

ANEXOS

Anexo 1: Entrevista realizado a informantes clave durante la gira exploratoria

Datos generales

Nombre del productor _____
Organización _____ Lugar _____ País _____

Características de la zona

Altitud _____ Precipitación _____ Temperatura _____ Dirección del viento _____
Acceso a la finca: distancia del mercado _____ estado de la carretera _____
Pendiente del terreno: Plano _____ ligeramente inclinado _____ inclinado _____

Identificación de actores

1. ¿Con qué objetivo utiliza sistemas protegidos?
2. ¿Recibe asistencia técnica para el manejo de cultivos protegidos? Si _____ No _____ ¿Quién lo asiste?
3. ¿Qué tipo de asistencia?
4. Talleres _____ Capacitaciones _____ Giras de campo _____ otras _____
5. ¿Dónde compra los materiales utilizados (telas, plástico, otros)?
6. Precio de los materiales
7. La estructura la obtuvo por: recursos propios _____ donación _____ crédito _____
8. ¿Qué organizaciones le apoyaron _____
9. ¿Dónde venden la producción?

Caracterización de los sistemas protegidos

10. Sistema utilizado

Casa malla _____ tela cobertura _____ túnel grande _____ túnel pequeño _____
invernadero _____ otros _____

11. ¿Hay cultivo? Si _____ ¿por qué? _____ No _____ ¿Por qué? _____
12. ¿Qué cultivo? ¿Qué variedad? ¿Qué otros cultivos produce?
13. ¿Área de producción _____
14. Materiales utilizados: Madera _____ Tubo galvanizado _____ Malla _____ Polietileno _____ Otros _____
15. Sistema de riego. Si _____ No _____
16. ¿Qué tipo de sistema tiene? Goteo _____ Aspersión _____ Otros _____
17. Cercanía de fuentes de agua: Si _____ No _____
18. **Tela cobertura:** Tipo: Agrin _____ Agribon _____ otros _____

Tamaño de orificio _____

Reciclaje: Nueva _____ reuso _____

19. **Invernaderos**

Forma del techo de la estructura

Capilla dos aguas _____ Capilla un agua _____ Circular _____ Plano _____ otras _____

Posee ventanas para ventilación. Si _____ No _____

En caso de que la respuesta sea afirmativa:

¿Dónde se ubican las ventanas? Laterales _____ En el techo _____

¿Cuál es el área de las ventanas? _____

Orientación de la estructura: Norte a Sur _____ Este a Oeste _____ Otras _____

Técnicas de protección fitosanitaria utiliza:

Malla anti-insectos _____ Doble puerta _____ Pila de desinfección de zapatos _____ Drenajes externos _____ otras _____

Diagnostico agroecológico

20. Apariencia del cultivo

Vigor

Excelente (4): Plantas sin ningún daño, con buena coloración y robusta

Buena (3): Plantas sin daño, pero no muy robusta y con ligera deficiencia en color

Regular (2): Plantas con daño, pequeña en relación a las demás y con deficiencia en color

Mala (1): Plantas con daño, débil, con deficiencia de color y con pocas hojas

Sanidad

Patógenos: incidencia _____ Severidad _____

Plagas (% de daño) _____

Virus: presencia _____ ausencia _____

21. Salud y calidad del suelo

Lombrices: presencia _____ ausencia _____

Materia orgánica y microorganismos (peróxido) _____

Textura _____
22. Implementación de BPA

Bodega de insumos _____ Letrinas y lavamanos _____ Manejo de los desechos sólidos _____

Olor de agroquímicos _____

Proveedores de servicios

Organización para la que trabaja _____ Tiempo de trabajar con cultivos en ambiente protegido _____ Servicios que ofrece _____

Anexo 2: Entrevistas a proveedores de servicio, organizaciones de productores e instituciones en San Ignacio-La Palma

Caracterización proveedores de servicios y organizaciones

Nombre _____ Fecha _____ Teléfono _____

Correo electrónico _____ Organización que representa _____

Influencia de la organización y del proyecto

1. ¿Qué tipo de organización? ONG sin fines de lucro _____ ONG con fines de lucro _____ empresa privada _____ gubernamental _____ otras _____
2. ¿Cuál es la misión u objetivos de la organización?
3. ¿Cuáles son las líneas de trabajo de la organización?
4. ¿En qué proyectos están involucrado? ¿Cuál es el período?
5. ¿Cuál es la participación o áreas de trabajo de la organización, en el sistema de innovación bajo ambiente controlado?

Áreas	Recursos humano y tiempo	Servicios	Actividades	Frecuencia

6. ¿Qué actividades realiza usted?
7. ¿Qué actividades las realiza con otros compañeros de la organización?

Perspectivas de la producción en invernaderos

8. Cuáles cree que son las principales ventajas de la producción en invernadero

a) _____ b) _____ c) _____ d) _____

9. ¿Cuáles considera los principales problemas políticos, sociales, ambientales y económicos que influyen en desarrollo de la tecnología de invernaderos?

- a) _____
b) _____
c) _____
d) _____

Calificación

¿Ahora podría calificarlos por orden de importancia?

10. ¿Qué cambios o innovaciones han hecho para contribuir a la solución de estos problemas?
11. ¿Cuáles son los principales problemas encontrados en la producción bajo ambientes controlados (plagas, fertilidad de suelo, enfermedades, estructuras)?
12. ¿Cuáles innovaciones ha realizado su organización para solucionar problemas en ambientes controlados?
13. ¿Cuáles son las posibles fuentes a las que acude para consultas para solucionar este problema?
14. ¿Con que frecuencia acude a estas fuentes?

Problemas	Innovaciones	Fuentes	Frecuencia

15. La siembra de hortalizas en invernadero reduce significativamente el uso de agroquímicos. ¿En cuánto comparación a la forma tradicional?

16. Considera la producción de hortalizas en invernadero una alternativa viable de producción en la zona?

Experiencia en producción de invernaderos

17. ¿Hace cuanto tiempo trabaja con ambientes controlados?
18. ¿Pertenece a algún grupo o red?
19. ¿Ha recibido capacitación de manejo de cultivos bajo ambiente controlado o de manejo agroecológico de cultivos? ¿Cuántas? ¿Qué tipo? ¿Dónde? ¿Qué organización la ofreció?

Capacitación	Tipo	Lugar	Organización	

Comunicación y coordinación entre actores

20. ¿Quiénes considera actores relevantes del sistema?
21. De los actores del sistema ¿Con quién o quienes se relaciona?
22. ¿Cuál es el motivo para esta relación?
23. ¿Cuál es el nivel de esta relación?

(5) muy frecuente ____, (4) frecuente ____, (3) intermedia ____, (2) infrecuente ____, (1) muy infrecuente ____,
 Para los datos de las dos preguntas anteriores se utilizara la siguiente matriz

Actores	Motivo para relacionarse	Nivel relación

24. ¿Coordina alguna actividad con los actores del sistema?
25. ¿Cuáles son esas actividades?
26. ¿Con que frecuencia realizan esas actividades?

(5) muy frecuente ____, (4) frecuente ____, (3) intermedia ____, (2) infrecuente ____, (1) muy infrecuente ____,

Actores	Actividades	Frecuencia

Anexo 3. Caracterización de los productores de hortalizas en ambiente protegido

Entrevista a productores de invernadero

Datos generales

Nombre _____ Edad _____ Fecha _____ Comunidad: _____

Sección 1. Condiciones socioeconómicas

1. ¿Pertenece a una organización o grupo? Si ___ No ___ en caso de la respuesta sea positiva ¿Cuál es el nombre de la organización?
2. ¿Cuántos miembros integran su familia? Mujeres _____ hombres _____
3. ¿Cuántos ayudan en las labores del invernadero? _____
4. Fuentes de ingresos del núcleo familiar: Hortalizas campo abierto ___ Hortalizas invernadero ___ Ganado ___ Comerciante ___ Especies menores ___ Granos básicos ___ Café ___ Otros _____
5. Área total de la finca o parcela de trabajo _____
6. Fuentes de financiamiento para la producción

Donación _____ Recursos propios _____ Créditos _____ Otros _____

7. ¿El invernadero lo obtuvo?

Donación _____ Recursos propios _____ Créditos _____ Otros _____

Sección 2. Historia de producción bajo la estructura

8. ¿Cuántos tiempo tiene de trabajar en la producción de hortalizas? _____
9. ¿Hace cuantos años trabaja en invernadero? _____
10. Edad de la estructura _____
11. ¿Cuántos ciclos de cultivo por año?
12. ¿Cuáles son las épocas en que realiza las siembras?
 Todo el año ___ enero-marzo ___ abril-junio ___ Julio-septiembre ___ octubre-Diciembre ___
 ¿Por qué? Mercado ___ Clima ___ Recursos ___ Otros _____
13. ¿Qué cultivos produce dentro del invernadero? ¿Qué variedades? ¿Por qué siembra esos cultivos? ¿Por qué esas variedades?

Cultivo	Por que	Variedades	Por qué
Tomate			
Chile			

14. ¿Cuáles son los principales problemas para la producción en ambiente controlado en la zona.

Problemas	Clasificación	Observaciones
Vientos		

Temperatura		
Plagas del suelo		
Plagas del follaje y frutos		
Enfermedades		
Mercado		
Otros		

¿Cuál es el orden de importancia de esos problemas?

Para los principales problemas mencionado:

15. ¿Qué practicas o labores realiza para solucionar esos problemas?
16. ¿Qué criterios toma en cuenta para realizar estas labores?
17. ¿Cuáles son las posibles fuentes a las que acude para consultas para solucionar este problema?
18. ¿Con que frecuencia acude a estas fuentes?
19. ¿Cuáles son los insumos utilizados para esas labores?

Con las respuestas a estas preguntas se llenara la siguiente matriz:

Problemas a resolver	Labores o Prácticas	Criterios	Fuentes de consulta	Frecuencia de consultas	Insumos

20. ¿Cuáles son las fuentes de información para resolver problemas de producción?

Fuentes	Importancia	Frecuencia
Radio		
Tv		
folletos técnicos		
Talleres		
capacitaciones		
asistencia técnica individual		
otros productores		
Familia		
Otras fuentes		

Escala importancia: 3- mucho, 2-regular, 1-poco, nada-0

(5) muy frecuente ____, (4) frecuente ____, (3) intermedia ____, (2) infrecuente ____, (1) muy infrecuente ____,

21. ¿Ha recibido capacitación de manejo de cultivos bajo ambiente controlado o de manejo agroecológico de cultivos? ¿Cuántas? ¿Qué tipo? ¿Dónde? ¿Qué organización la ofreció?

Capacitación	Tipo	Lugar	Impartida	Observaciones
Construcción de invernaderos				
Uso seguro de plaguicidas				
Manejo agroecológico de plagas				
Buenas prácticas agrícolas				
Manejo de riegos				
Salud y fertilidad de suelos				
Inocuidad de alimentos				
Comercialización y mercado				
Certificación				

22. ¿Ha realizado algún cambio en las estructura de años anteriores? Si __ No __ ¿Cuál? ¿Por qué?

23. Ha realizado alguna de las siguientes prácticas agroecológicas en el invernadero:

- a) Utilización de dos variedades o híbridos por cultivo
- b) Abonos orgánicos
- c) Uso de foliares orgánicos
- d) Extractos botánicos
- e) Enmiendas al suelo
- f) Monitoreo de plagas y enfermedades
- g) Podas fitosanitarias
- h) Trampas amarillas
- i) Productos biológicos
- j) Eliminación de plantas enfermas
- k) Utiliza enemigos naturales
- l) Rotación de cultivos
- m) Otras

24. ¿Cuáles han sido las razones para realizar estas prácticas?

Más económicas _____ Menos contaminación _____ Fácil de implementar _____ Otros _____

25. ¿Qué limitantes ha tenido para realizar este tipo de prácticas?

Falta de conocimiento _____ Falta de asistencia técnica _____ No hay oferta local _____

- Costos _____ Efectividad _____ Otros _____
26. ¿Ha existido algún caso de intoxicación en el invernadero? Si ___ No ___ ¿Cuántos? ___ Sexo: F ___ M ___
Edad ___ ¿Con qué producto? ¿Por qué sucedió?

Sección 3. Comercialización

27. ¿Cuánto fue el rendimiento aproximado en su último cultivo? Tomate ___ Chile ___ Otros ___
28. ¿Cómo vende sus hortalizas? Individual ___ En grupo ___ Organizaciones ___ otro
29. ¿A quién vende la producción?
30. ¿Cuánto fue el precio más bajo y más alto del año anterior? ¿Quién fija ese precio?
31. ¿Recibe algún beneficio o precio diferenciado por ser producción en invernadero? Si ___ No ___ ¿Cuál?

Sección 4. Producción bajo ambiente controlado en relación a campo abierto

32. ¿Representa alguna ventaja o desventaja la producción en invernadero en relación a campo abierto?

Ventajas		Desventajas	
Mayor periodo de cosecha		Costo de la estructura	
Mayor rendimiento		Falta de conocimientos	
Menos plagas		Reducción del área	
Enfrentan mejor variabilidad de precios			
Otras		Otras	

33. ¿Cuáles son los costos de producción en el invernadero en relación a campo abierto?
34. La siembra de hortalizas en invernadero reduce significativamente el uso de agroquímicos. ¿En cuánto comparación a la forma tradicional?
35. ¿Cómo considera el manejo de cultivos en el invernadero? Difícil _____ Regular _____
Fácil _____ ¿Por qué?
36. ¿Qué temas considera que podría ser importante conocer para un manejo agroecológico de los cultivos en el invernadero?
a) Fenología de los cultivos b) Materia orgánica y microorganismos en el suelo
c) Comportamiento de plagas y enfermedades d) Factores que afectan las plagas y enfermedades
e) Alternativas de manejo ecológico f) Otros

Anexo 4. Boleta de campo: Caracterización de las estructuras de ambiente controlado

1. área de producción de la estructura _____
2. Materiales utilizados
Madera _____ Tubo galvanizado _____ Malla _____ Polietileno _____ Otros _____
3. Sistema de riego. Si _____ No _____
¿Qué tipo de sistema tiene? Goteo _____ Aspersión _____ Otros _____
4. Forma del techo de la estructura: Capilla dos aguas _____ Capilla un agua _____ Circular _____
Plano _____ otras _____
5. Posee ventanas para ventilación. Si _____ No _____. En caso de que la respuesta sea afirmativa:
¿Dónde se ubican las ventanas? Laterales _____ En el techo _____
¿Cuál es el área de las ventanas? _____
6. Orientación de la estructura: Norte a Sur _____ Este a Oeste _____ Otras _____
7. Técnicas de protección fitosanitaria utiliza:
Malla anti-insectos _____ Doble puerta _____ Pila de desinfección de zapatos _____ Drenajes
externos _____ otras _____
8. Implementación de BPA
Bodega de insumos _____
Letrinas y lavamanos _____
Manejo de los desechos sólidos _____
Olor de agroquímicos _____

Anexo 5. Boleta de campo caracterización del agrosistema dentro de la estructura

<i>Indicadores de manejo del Cultivo</i>		
1. Diversidad del agrosistema		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Monocultivo de una sola variedad	
2	monocultivo con más de una variedad	
3	Dos cultivos de la misma familia	
4	Dos cultivos de familias diferentes	
5	Diversidad de cultivos	
2. Preparación del terreno		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Laboreo manual y formación de la cama de siembra al inicio de cada ciclo de cultivo	
2		
3	Laboreo manual y formación de la cama de siembra una vez por año	
4		
5	laboreo mínimo o nulo, para mejorar el agroecosistema y hábitat	
3. Fertilización		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Aplicación rutinaria con productos y dosis acostumbrados, independiente del cultivo y el análisis de suelo	
2		
3	Aplicación según requerimientos del cultivo y análisis del suelo	
4		
5	Aplicaciones para nutrir la planta, reponer nutrientes y mejorar la vida en el suelo	
4. Insumos para fertilización		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Fertilizantes sintéticos	
2	Fertilizantes sintéticos con algunas aplicaciones de orgánicos	
3	Abonos orgánicos con algunas aplicaciones de sintéticos	
4	Abonos orgánicos al suelo y foliares sintético	
5	Abonos orgánicos al suelo y foliares	
5. Manejo de enfermedades		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Aplicación calendarizada de mezclas de productos sintéticos de amplio espectro a dosis acostumbradas	
2	Aplicación calendarizada de productos sintéticos específicos	
3	Aplicación de productos sintéticos específicos según la severidad	
4		

5	Pocas aplicaciones según severidad para lograr el equilibrio entre patógenos y sus enemigos naturales	
6. Insumos manejo de enfermedades		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Mezclas de productos sintéticos no específicos a dosis acostumbradas	
2	Productos sintéticos específicos	
3	Productos sintéticos y algunos orgánicos	
4	Productos orgánicos como sustitutos de los sintéticos	
5	Pocas aplicaciones de productos orgánicos y enemigos naturales	
7. Manejo de plagas		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Intervalo fijo de aplicación	
2		
3	aplicaciones según recuentos y umbrales de daño	
4		
5	Pocas aplicaciones basadas en recuentos y umbrales de plagas y presencia de mecanismos naturales de regulación de poblaciones por organismos benéficos.	
8. Insumos para manejo de plagas		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Productos tóxicos para la plaga y organismos benéficos y con efecto a corto y largo plazo	
2		
3	Productos orgánicos no tóxicos con baja toxicidad para benéficos y sin impacto al medio ambiente	
4		
5	Pocas aplicaciones de productos orgánicos (existe equilibrio ecológico)	
9. Manejo de hierbas		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Se hace durante el ciclo del cultivo para eliminarlas totalmente	
2		
3	Solamente en periodos críticos	
4		
5	Hierbas en el campo como hábitat de otros organismos y control únicamente de las que causen daño en periodos críticos	
10. Insumos manejo de hierbas		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Herbicidas químicos de amplio espectro	
2	Herbicidas sintéticos específicos	
3	Eliminación mecánica, manual	

4		
5	Eliminación mecánica, manual en área específicas donde son problema	
<i>Indicadores de salud del cultivo</i>		
1. Apariencia		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Plantas pequeñas, deformes, cloróticas y descoloridas, con severos síntomas de deficiencias	
2		
3	Cultivo poco desarrolladas, verde claro, con algunas decoloraciones y deformaciones	
4		
5	Plantas in ninguna deformación o daño, con buen color.	
2. Crecimiento del cultivo		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Plantas pequeñas y débiles, cultivo poco denso	
2		
3	Plantas pequeñas, no muy robustas, cultivo uniforme.	
4		
5	Plantas robustas, cultivo uniforme	
3. Incidencia de enfermedades		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Cultivo susceptible a enfermedades, más del 50 % enfermo	
2		
3	10- 20 % de plantas con síntomas de leves a severos	
4		
5	Cultivo resistente. Menos del 10 % de plantas con síntomas leves	
4. Competencia por malezas		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Cultivo estresado dominado por malezas	
2		
3	Presencia de malezas que compiten un poco con el cultivo	
4		
5	Cultivo vigoroso, que no es afectado por las malezas o malezas chapeadas que no causan daño.	
5. Daño por plagas		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Pérdidas importantes de la cosecha por ataque de plagas	
2		
3	Daño visual producido por plagas, que afecta la calidad pero no reduce sensiblemente la producción	

4		
5	Presencia de plagas que no alcanza poblaciones que dañen el cultivo.	
Indicadores de salud del suelo		
1. Características físicas: estructura, infiltración, retención de humedad.		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Suelo polvoso, sin gránulos visibles, se anega en época lluviosa, y seca rápido cuando terminan las lluvias.	
2		
3	Pocos gránulos que se rompen con poca presión, capa compacta delgada, agua infiltra lentamente, se mantien seco la mayoría de la época seca	
4		
5	Suelo friable y granulado, con agregados que mantienen la forma aun húmedos, al presionarlos.	
2. Profundidad del suelo		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Sub-suelo casi expuesto	
2		
3	Subsuelo superficial, delgado, menor de 10 cm	
4		
5	Suelo profundo, más de 10 cm	
3. Color, olor y materia orgánica		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	Suelo de color pálido, con mal olor puede ser a químicos, donde no se nota la presencia de materia orgánica.	
2		
3	Suelo de color café claro o rojizo, sin mucho olor y con algo de Materia orgánica o humus	
4		
5	Suelo de color negro o café oscuro, con olor a tierra fresca, donde se nota la presencia y abundancia de materia orgánica y humus	
4. Cobertura del suelo		
<i>Valor establecido</i>	<i>Características</i>	<i>Valor en el campo</i>
1	suelo desnudo	
2		
3	Menos del 50 % de suelo cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva.	
4		
5	Más de 50 % del suelo cubierto con cobertura muerta o viva.	

Anexo 6. Monitoreo de prácticas y actividades realizadas por el productor

Productor: _____

Fecha: _____

Limitantes o problemas observados (diferentes problemas)	Prácticas recientes o innovaciones del productor, observadas	Situación del sistema y cambios observados (estructuras, cultivos, otros)	Que sabía el productor del problema, Según consulta con el	Fuentes de información para el problema Según consulta con el	Qué tipo de gestión realizó el productor Según consulta con el

Que perspectivas tiene el productor para las próximas dos semanas:

Posibles problemas que espera surgirán:

Actividades y prácticas a realizar:

Gestiones a realizar:

Anexo 7. Boleta de campo para muestreo de plagas y enfermedades en invernadero

Nombre del Productor _____ Fecha _____

6 puntos de muestreo en zig-zag

Punto muestreo	Plantas muestreadas	Mosca Blanca	Botrytis (insidencia)	Severidad (Phytophthora)	Otras enfermedades presentes	Vigor de la planta	observaciones
1	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						

Anexo 8. Boleta de campo para toma de datos de temperatura y humedad relativa

Nombre del productor _____

Tipo de invernadero _____

Fecha	Hora	Temperatura (Termómetro seco)	Temperatura (Termómetro húmedo)	Diferencia de temperaturas	Humedad relativa (%)
	7 am				
	12 am				
	5 pm				

Anexo 9. Principales plaguicidas utilizados, por los productores de San Ignacio- La Palma, para el control de plagas y enfermedades de hortalizas bajo ambiente protegido

Insecticidas empleados para el control de Mosca Blanca

Nombre comercial	Ingrediente activo	Modo de acción	No pro
Evisec 50 SP	Thiocyclam-Hydrogen-Oxalate	Protectante	12
Actara 25 WG	Thiamethoxam	Sistémico	12
Confidor 70 WG	Imidacloprid	Sistémico	6
Monarca 11.25 SE	Thiaclopid+Beta-cyflutrina	Protectante	6
Pegasus 50 SC	Diafenturion	Protectante	4
Oberon 24 SC	Spiromesifen	Protectante	3
Thiodan 35 EC	Endosulfan	Protectante	3
Engeo 24.7 SC	Thiamethoxam-Lambda-Cihalotrina	Sistémico	2

Fungicidas utilizados para el control de Botrytis

Nombre comercial	Ingrediente activo	Modo de acción	No pro
Rovral 50 WP	Iprodiona	Protectante	10
Bellis 38 WG	Pyraclostrobin 128 g/kg y Boscalid 252 g/kg	Sistémico	9
Bravo Ultrex 82.5 WG	Clorotalonilo	Protectante	3
Nucilate 50 SC	Metil tiofanato	Sistémico	2
Onix	Carbendazim + Propiconazole	Sistémico, Protectante	1
Carbendazin 50 AGM	Carbendazin	Sistémico	1
Manzate 80 WP	Mancozep	Protectante	1
Curzate M-72 WP	Cymoxanil 8% + Mancocep 64%	Sistémico	1
Acrobat MZ 69 WP	Dimetomorf 90 g + Mancocep 600 g/KG	Sistémico	1
Amistar	Azoxystrobin 50%	Sistémico	1

Agroquímicos empleados para el control de plagas y enfermedades del suelo

Nombre comercial	Ingrediente activo	Control	Modo de acción	No pro
Previcur 72 SL	Propamocarb hidrocloreuro	Fungicida	Sistémico	25
Derosal 50 SC	Carbendazin	Fungicida	Sistémico	20
Carbendazin 50 AGM	Carbendazin	Fungicida	Sistémico	18
Vydate 24 SL	Oxamilo	Insecticida	Sistémico	13
Agri-Mycin 16.4 WP	Sulfato de estreptomina+ cloridrato de oxitetraciclina+sulfato de cobre	Bactericida	Sistémico	4
Banodine 20%	Banodine	Bactericida	Protectante	6
Metan sodio 50 SL	Metan sodio	Biocida del suelo	Protectante	23
Counter 10	Terbufos	Biocida del suelo	Protectante	6

Anexo 10. Inversión de capital para la construcción de 1 invernadero de 572 m² y amortización de 3 años. Fuente original Fintrac-USAID 2009.

Descripción	Inversión \$	Años Depr	AMORTIZACIÓN			
			Año 1	Año 2	Año 3	
Riego						
1	Riego por goteo	318	3	106	106	106
	Tubería, conectores y accesorios					
	Manguera					
2	Reemplazo de manguera					
3	Filtro de anillos	65	3	22	22	22
4	Tanque para fertilizar	232	3	77	77	77
6	Nivelacion	500	3	167	167	167
	Total de Riego	1115		371	372	372
Infraestructura						
1	Poste de madera de 6 mts	56.0	3	19	19	19
2	Poste de madera de 4 mts	84.0	3	28	28	28
3	Regla de 6mts para enrollar plastico	72.0	3	24	24	24
4	Regla de 6mts para techo de plastico	104	3	35	35	35
5	Viga de madera 6.2 mts. para Techo	162	3	54	54	54
6	Viga de madera 4 mt para techo	156	3	52	52	52
7	Postes de 3 mts. para Tutores	175	2	88	88	88
8	Alambre galvanizado	147	3	49	49	49
9	Plástico UV	618	2	309	309	309
10	Malla Antivirus	1365	3	455	455	455
11	Clavos	54	3	18	18	18
12	Mano de Obra	1000	3	333	333	333
	Total Infraestructura	3,993		1,463	1,463	1,463

Total Inversión Capital para 1 invernadero 5,108

Total Depreciado por Año 1,835 1,835 1,835

Anexo 11. Análisis de la fertilidad del suelo, y evaluación de población de lombrices en muestras tomadas fuera y dentro del invernadero

Prod	Niv del terre	Textura	PH agua	P	K	Zn	Mn	Fe	Co	Ca	Mg	So	% MO	Presencia de lombrices y macrofauna
				ppm							Meq/100g			
IP-EC-Calle	0.5 mt	Franco-arcillo-arenoso	5.5	4	351	4.73	66.72	11.6	1.66	7.69	2.03	0.47	2.95	nd
IP-EC-Cama		Franco-arcillo-arenoso	5.4	1	251	4.26	30.27	6.6	1.53	9.31	2.1	0.27	3.23	2 lombrices
EC-IC-Calle	2.0 mt	Franco-arcillo-arenoso	5.6	11	566	16.8	84.24	4.23	0.65	12.3	2.37	0.15	7.09	nd
EC-IC-Cama		Franco-arcillo-arenoso	5.7	31	593	18.9	41.88	4.17	0.57	15.3	2.71	0.23	7.51	6 simphylicos
EH-IC-Calle	1.0 mt	Franco	4.7	2	300	4.23	54.42	7.48	2.61	8.58	2.41	0.6	4.03	nd
EH-IC-Cama		Franco	5.3	41	606	9.61	91.59	5.96	2.98	12.2	5.22	0.49	8.58	nd
EH-IC-fuera		Franco	5.8	5	240	5.44	53.28	3.98	0.55	10.7	2.72	0.14	9.38	nd
EL-IC-Calle	0.2 mt	Franco	5.2	17	306	9.17	33.39	3.8	0.47	6.79	1.19	0.16	11	nd
EL-IC-Cama		Franco	5.3	16	437	10.8	46.2	2.81	0.44	11.1	2.37	0.59	10.7	nd
EL-IC-Fuera		Franco	5.9	2	156	5.21	24.45	2.32	0.25	12.6	1.61	0.3	15.7	nd

Anexo 12. Cumplimiento de los criterios de selección de las cuatro zonas analizadas para este estudio

criterios de selección	Zonas de estudio			
	Metapán	San Ignacio-La Palma	Sinuapa-Ocotepeque	Jocotán-Camotán
Uso de sistemas de ambiente controlado (invernaderos, casa malla, túnel)	Utilizan malla cobertora al inicio de la plantación	24 invernaderos en buen estado	Tres invernaderos tipo capilla dos aguas, con ventana cenital y doble puerta	tres casas mallas y ocho invernaderos tipo plano ó parral
Estado de las estructuras (daños por viento u otros)	Nd	6 invernaderos con daños	Nd	8 invernaderos dañados por el viento
Auge en el uso de la tecnología (nuevas construcciones)	Planifican experimentar el usos de macrotúneles la próxima siembra	7 invernaderos en construcción	Tres invernadero donados por el Proyecto EDA, este mismo planifica instalar 5 invernaderos más, tipo techo curvo	Después de 5 años lo productores perdieron sus invernaderos. El proyecto ProRural apoyara a la construcción de nuevos invernaderos
Cultivos establecidos o próximos a siembra	No	19 invernaderos están en producción	Dos en producción y uno preparando para la siembra	En cosecha y ya terminando el ciclo, no lo usan en la época seca por las altas temperaturas
Zona óptima para la tecnología	nd	Mantienen cosecha durante todo el año, las temperaturas no impiden el desarrollo de los cultivos	Es el primer año de las estructuras y no han presentado problemas de temperatura.	En el invernadero es muy caliente en verano y no hay cuaje de flor, en la casa malla en el invierno tiene problemas de hongos
Acceso	calles en buen estado durante casi todo el año, cercanía la mercado de Metapan	calles en buen estado, cercanía al mercado de San Salvador (110 km), medio de transporte público	Calles en buen estado	las casas malla en la parte baja con buen acceso y los invernaderos en la parte alta con calles en mal estado

Nd: No hay dato

Anexo 13. Fotografías de las principales enfermedades y plagas encontradas en los invernaderos

Nombre común: Botrytis

Nombre científico: *Botrytis cinérea*

Dañó: en tallo de tomate y causando aborto floral en Chile



Nombre común: Oidium

Nombre científico: *Oidiopsis*

Dañó: en las hojas bajas de Chile



Nombre común: Tizón

Nombre científico: *Phytophthora infestans*

Daño: en hojas de tomate



Nombre común: Tizón

Nombre científico: *Alternaria sonali*

Daño: en hojas de chile



Nombre común: Mosca blanca

Nombre científico: *Trialeurodes vaporariorum*

Daño: en hojas de tomate



Nombre común: Fumagina

Nombre científico: *Capnodium* sp

Daño: en hojas y fruto de tomate

