

## **DOCUMENTO 1**

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**

**Vicerrectoría de Investigación y Extensión**

**Dirección de Proyectos**

**Informe Final**

**“Red de colaboración en horticultura  
protegida de la Región Huetar Norte”**

*Carlos Ramírez Vargas*

*Alfredo Alfaro Ramos*

**Escuela de Agronomía**

**Campus tecnológico local San Carlos**

2020

## Tabla de Contenidos

Portada-----	i
Tabla de contenidos-----	ii
Lista de cuadros -----	iii
Lista de figuras -----	v
Código y título del proyecto-----	1
Autores y direcciones -----	1
Resumen -----	2
Palabras clave -----	2
1. Introducción -----	3
1.1. Objetivos -----	4
2. Marco teórico -----	5
3. Metodología-----	9
4. Resultados-----	16
5. Discusión y conclusiones-----	60
6. Recomendaciones-----	64
7. Agradecimientos-----	65
8. Referencias-----	66
9. Apéndices-----	67

### Lista de cuadros

Cuadro	Título	página
1	Participantes miembros de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte (RHP-RHN) durante el periodo 2014-2020.	9
2	Lista de capacitaciones en horticultura protegida y gestión empresarial por medio de charlas magistrales durante el año 2015	16
3	Lista de capacitaciones en horticultura protegida y gestión empresarial por medio de charlas magistrales durante el año 2016	18
4	Lista de productores capacitados en horticultura protegida y gestión empresarial, de la Red de Horticultura protegida de la Región Huetar Norte	19
5	Generación de empleo y número de beneficiarios por cada participante de la red de horticultura protegida de la región huetar norte, Costa Rica	22
6	Número de invernaderos construido y acondicionados para producción según fuente de financiamiento de la Red de Horticultura protegida de la Región huetar norte	27
7	Área total de invernaderos en metros cuadrados (m <sup>2</sup> ) de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, por beneficiario y tipo según su uso (fuente: elaboración propia).	38
8	Área total de invernaderos en metros cuadrados (m <sup>2</sup> ) de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, por beneficiario y tipo de financiamiento (fuente: elaboración propia).	38
9	Elaboración de Flujo de caja a 10 años del Proyecto de la Asociación de Mujeres Organizadas de Nueva Cinchona (AMONCI) para el proyecto Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (en millones de colones), (Elaboración: Alfredo Alfaro)	44
10	Comportamiento de variables ambientales externas en algunas localidades de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte	44
11	Comportamiento de variables ambientales internas en algunas localidades de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte	45

12	Plagas más comunes presentes en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica.	46
13	Descripción de especies de hortalizas sembradas en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica.	47
14	Cantidad de sales fertilizantes necesarias para preparar un volumen de 1000 litros de la solución nutritiva universal de Steiner (1984) con una conductividad eléctrica de 2 mS/cm, utilizada en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica.	48
15	Cantidad de sales fertilizantes necesarias para preparar un volumen de 1000 litros de la solución nutritiva de Hoagland y Arnon (1950) con una conductividad eléctrica de 2 mS/cm. Utilizada en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica.	48
16	Productos de uso fitosanitario utilizados en la producción de hortalizas de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica	51
17	Datos de producción para el cultivo de chile dulce ( <i>Capsicum annum</i> ) de la Red de Horticultura protegida del al Región Huetar norte según localidad y su capacidad instalada	56
18	Datos de producción para el cultivo de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> ) de la Red de Horticultura protegida del al Región Huetar norte según localidad y su capacidad instalada	56
19	Datos de producción para el cultivo de lechuga ( <i>Lactuca sativum</i> ) de la Red de Horticultura protegida del al Región Huetar norte según localidad y su capacidad instalada	57
20	Datos de producción para el cultivo de culantro ( <i>Coriandrum officinalis</i> ) de la Red de Horticultura protegida del al Región Huetar norte según localidad y su capacidad instalada	57
21	Precios de venta y costo de producción de hortalizas producidas en invernaderos de la RHP-RHN durante los años 2016-2019 en colones	58

### Lista de figuras

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Sesión de capacitación y organizativa de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, impartida en el laboratorio de Entomología de la Escuela de Agronomía del ITCR-CTLSC (2019) (Foto: Herbert Villalobos).	11
2	Área de influencia del proyecto Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Fuente: ICE).	21
3	Dibujos o bocetos del proceso de diseño de un invernadero modular desarmable para la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Fuente: realización propia).	23
4	Confección de la maqueta del invernadero para la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (foto: Carlos Ramírez Vargas).	23
5	Estructura modular básica de un invernadero de una o dos casas para la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Fuente: realización propia).	25
6	Detalle para la sujeción del plástico, la malla y la colocación de la canoa de un invernadero de Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Fuente: realización propia).	25
7	Dispositivos de sujeción de los elementos estructurales para un invernadero modular desarmable para la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Fuente: realización propia).	26
8	Acondicionamiento del terreno de la Escuela de Carrizal de Río Cuarto por parte de maquinaria del ICE para la instalación del invernadero como parte de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).	28
9	Acondicionamiento del terreno de la Asociación de Trabajadores hidropónicos de Cubujuquí, por parte de maquinaria de la municipalidad de Sarapiquí de Heredia, para la instalación del invernadero como parte de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).	28
10	Traslado al campo de los elementos estructurales de los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).	29

11	Postes del invernadero sujetados con concreto a nivel de suelo en la localidad de Nueva Cinchona, para la Asociación de Mujeres organizadas de Nueva Cinchona (AMONCI), de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).	30
12	Colocación de largueros, cerchas o arcos en un invernadero de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).	30
13	Colocación de cobertura plástica en invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).	31
14	Caseta para la instalación del sistema de riego y bodega de insumos para los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).	31
15	Postura de los contenedores con sustrato dentro de los invernaderos e instalación del sistema de riego para los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).	33
16	Detalle de la instalación de las mangueras de riego con sus respectivos microtubos y goteros en las macetas con sustrato de arena roja volcánica para los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).	34
17	Invernadero con cobertura blanca del piso, contenedores con sustrato y tanques externos para cosecha de agua de lluvia para riego en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).	34
18	Diagrama general de la red de distribución para un sistema NFT en disposición piramidal y sus componentes para los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Fuente: Lizano-Astorga, 2020).	35
19	Sistema hidropónico NFT con tubería blanca de PVC instalado en forma de "pirámide" en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).	36
20	Estudiantes de la carrera de Agronomía del ITCR-CTLSC del curso cultivos protegidos diseñando un prototipo de sistema NFT en disposición de pirámide como proyecto para los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).	36
21	Sistema de tutorado de plantas de chile dulce y detalle del sistema de amarra del hilo con "ganchos" para la sujeción de las plantas para los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).	37

22	Ejemplo de “pestaña” de inicio “costos versus ventas” en la hoja de Excel para tabular la información de gastos y costos por insumos durante el desarrollo de un ciclo productivo de los cultivos en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (fuente: elaboración propia).	39
23	Ejemplo de “pestaña” de inventario de insumos en la hoja de Excel para tabular la información de gastos y costos por insumos durante el desarrollo de un ciclo productivo de los cultivos en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (fuente: elaboración propia).	40
24	Ejemplo de “pestaña” de control de insumos en la hoja de Excel para tabular la información de gastos y costos por insumos durante el desarrollo de un ciclo productivo de los cultivos en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (fuente: elaboración propia).	41
25	Ejemplo de “pestaña” de gráficos en la hoja de Excel para tabular la información de gastos y costos por insumos durante el desarrollo de un ciclo productivo de los cultivos en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (fuente: elaboración propia).	42
26	Comportamiento de ingresos y costos del cultivo de chile dulce (cultivar 4215) bajo ambiente protegido en invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Fuente: Madriz-Arrieta).	43
27	Relación costo/beneficio para el cultivo de chile dulce (cultivar 4215) bajo ambiente protegido en invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Fuente: Madriz-Arrieta).	43
28	Tallo de una planta de tomata donde se llevó a cabo la poda del brote lateral (chupón) en la base de la hoja (foto: Carlos Ramírez Vargas).	49
29	Producción de plantas de chile dulce sometidas a poda de tallos terciarios en invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica.	50
30	Índice de cosecha ideal para el cultivo de tomate y chile dulce de plantas cultivadas en ambiente protegido hidropónico en la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica.	52

31	Ejemplo de empaque para chile dulce producido en los invernaderos de la Red de Horticultura protegida de la Región Huetar norte con el "sticker" identificador del origen y su contacto	53
32	Logotipo de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (fuente: elaboración propia).	54
33	Logotipo de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte con los logotipos de las instituciones participantes en el proyecto, Costa Rica (fuente: elaboración propia).	54
34	Cartel identificador de todos los proyectos de la Red de Horticultura protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica.	55

**Código y título del proyecto:**

“Red de colaboración en horticultura protegida de la Región Huetar Norte”

Códigos: 5402-2151-052 y 5402-2151-055

**Autores y direcciones**

<b>Nombre</b>	<b>Grado académico</b>	<b>Escuela</b>	<b>Correo electrónico</b>
Carlos Vinicio Ramírez Vargas (coordinador)	Doctor	Agronomía, ITCR-CTLSC	<a href="mailto:caramirez@itcr.ac.cr">caramirez@itcr.ac.cr</a>
Alfredo Elías Alfaro Ramos	Master	Administración de empresas ITCR-CTLSC	<a href="mailto:aalfaro@itcr.ac.cr">aalfaro@itcr.ac.cr</a>

## **Resumen**

Durante los años 2015 a 2020 se ejecutó un proyecto de extensión en la Región Huetar Norte de Costa Rica sobre horticultura protegida, participaron grupos organizados y productores independientes, quienes contaron con acompañamiento en capacitación, formulación, ejecución y evaluación de proyectos productivos hortícolas bajo ambiente protegido. El acompañamiento y la capacitación fue llevado a cabo por funcionarios del ITCR y del ICE, con los participantes del proyecto se desarrolló una red de colaboración que contribuyó a abordar de forma conjunta los procesos de producción y comercialización de las hortalizas producidas. Se diseñaron y construyeron veinticuatro estructuras de cultivo (invernaderos) según las particularidades de la región, se registró y analizó la información técnica y administrativa recopilada por los productores para la toma de decisiones, el proceso productivo se llevó a cabo junto a la capacitación *in situ*, promoviendo el concepto de “aprender haciendo”. Se logró un financiamiento externo de 100 millones de colones por parte del INDER para la construcción de once invernaderos, adquisición de insumos, materiales, equipo y material vegetal. Se consolidó la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte (RHP-RHN) como una organización integrada por todos los participantes con un esquema organizativo de tipo colaborativo.

## **Palabras clave**

Horticultura protegida, hidroponía, hortalizas, invernaderos

## 1. INTRODUCCIÓN

En la Región Huetar Norte (RHN), existen muchos productores y grupos organizados que han manifestado su interés en producir hortalizas para su consumo y distribución local, y que han visto en la tecnología de ambientes protegidos, una alternativa que les permitiría producir diferentes especies de hortalizas a lo largo de todo el año, facilitándose la comercialización al disponer de producto en todo momento. Dada esta situación, muchos de esos productores y/o grupos organizados han buscado ayuda en capacitación sobre como producir con eficiencia en un sistema de ambiente o cultivo protegido y que sea sostenible. Un actor regional importante ha sido el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), quien ha identificado a través de su programa de Gestión Ambiental agropecuaria, a asociaciones, productores independientes y centros educativos interesados en la capacitación en producción de hortalizas bajo ambientes protegidos.

En la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Campus Tecnológico Local San Carlos (ITCR-CTLSC), se han llevado a cabo diferentes actividades relacionadas con la tecnología de ambientes protegidos, desde ofrecer un curso optativo para la carrera llamado “cultivos protegidos”, proyectos de investigación, seminarios especializados, tesis de grado y posgrado, así como actividades de capacitación abierta al público, como las actividades de extensión del programa “Aula Móvil” patrocinado por CONARE, y administrado por el ITCR a través de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE).

Durante 2012 y 2013 se impartieron en la Escuela de Agronomía, una serie de talleres prácticos de capacitación en tópicos relacionados con la horticultura protegida, enfatizando en la producción de hortalizas en condiciones propias de la RHN, a lo largo de este proceso algunos grupos organizados y productores independientes, manifestaron su interés en capacitarse en el tema, pero a la vez formular y gestionar un proyecto de producción que permita poner en práctica lo aprendido, y que a la vez proporcione un acompañamiento que dirija y evalúe la actividad, tanto desde el punto de vista técnico como administrativo comercial, en miras al desarrollo de pequeñas y medianas empresas. Ese acompañamiento, sería entonces, una forma de llevar la capacitación y la transferencia tecnológica a un entorno real y práctico, donde se daría seguimiento a todo el proceso productivo y de comercialización de las hortalizas producidas bajo ambiente protegido, además de desarrollar la gestión para el diseño, financiamiento y construcción de las

infraestructuras de cultivo comúnmente llamadas invernaderos y todo su equipamiento.

Uno de los problemas para la producción de hortalizas en la RHN es su condición climática típica del “trópico húmedo”, con altas precipitaciones y temperaturas respecto a otras zonas agroecológicamente más favorables para la producción de este tipo de cultivo, como lo son la zona alta de Cartago y el cantón de Zarceró. A través del proyecto de investigación “Horticultura protegida en tres zonas agroecológicas de Costa Rica” (2007-2009), se propuso un diseño básico de infraestructura de cultivo o “invernadero” que nos permitiera adaptar mejor el sistema productivo al clima predominante de la región, en miras a desarrollar de manera óptima una actividad hortícola con viabilidad técnica y económica. También se determinó que en la RHN hay predominancia de suelos ácidos y arcillosos, con patógenos como bacterias y hongos del suelo que hacen difícil la producción de hortalizas por ser muy susceptibles. La tecnología productiva considerando la sustitución del suelo por un sustrato nos llevó a la implementación de la hidroponía como uno de los componentes principales del sistema de producción de hortalizas bajo ambiente protegido para la RHN, además de la cosecha del agua de lluvia para utilizarla para el riego de las plantas con sistemas semiautomatizados que faciliten su funcionamiento.

Para abordar de manera sistemática y ordenada el desarrollo de una actividad productiva de hortalizas en la RHN utilizando tecnología de ambientes protegidos, el ITCR asumió el papel de extensionista transfiriendo el conocimiento generado a través de la extensión universitaria, por lo que se planteó el proyecto denominado “Red de colaboración en horticultura protegida de la Región Huetar Norte”

### **1.1. Objetivos**

**Objetivo general:** Desarrollar una red de colaboración técnica y comercial entre productores e instituciones de la Zona Norte de Costa Rica, para la producción de Hortalizas bajo ambiente protegido

**Objetivos específicos:**

- 1- Capacitar en horticultura protegida y gestión empresarial, a grupos organizados y productores independientes de la Zona Norte de Costa Rica
- 2- Diseñar infraestructuras de ambiente protegido (“invernaderos”) para el cultivo de hortalizas en diferentes localidades de la zona norte de Costa Rica
- 3- Construir infraestructuras de ambiente protegido para el cultivo de hortalizas según diseño para diferentes localidades de la zona norte de Costa Rica
- 4a-Registrar información contable de los invernaderos
- 4b-Registrar información técnico-agronómica
- 5-Producir y comercializar las hortalizas
- 6-Desarrollar una página WEB de la “Red de Colaboración en Horticultura protegida de la Zona Norte”

**2. MARCO TEÓRICO**

El uso de ambientes protegidos resulta una alternativa tecnológica para desarrollar cultivos y mantener una producción a lo largo de todo el año independientemente de las condiciones ambientales predominantes de la región, en otras latitudes como en Europa e Israel, la tecnología de ambientes protegidos ha tenido gran desarrollo, y han incrementado las producciones muy sobre las obtenidas a campo abierto. El manejo o control, parcial o total del ambiente circundante de la planta, permite reducir los factores limitantes para el cultivo, tales como agua, nutrición, luz, plagas y enfermedades, el uso de ambientes protegidos supone una mejora tecnológica importante que requiere de inversión, por lo que se justifica si esta es viable no solo técnica sino económicamente. Para que la alternativa sea económica, el mercado debe estar asegurado y preferiblemente sin mediación de intermediarios, esto sería posible si se aplica el principio de producción y consumo local, el cual tendría múltiples ventajas, como por ejemplo llevar al

consumidor un producto más fresco, disminuir o eliminar la intermediación, diferenciar el producto y darle trazabilidad (Resh 2013; Jones 2005; Castilla 2005)

La producción de hortalizas en el país se ha llevada a cabo principalmente a campo abierto, especies como tomate, chile dulce y lechuga son de cultivo común en zonas del valle central que superan los 1000 msnm y con un régimen de lluvias muy estacional, donde está bastante definida una estación seca y una estación lluviosa, con temperatura promedio que oscilan los 25 grados Celsius, por lo tanto el valle central ofrece condiciones agroecológicas bastante convenientes para la producción de hortalizas a campo abierto, sin embargo el crecimiento urbanístico y comercial genera una presión sobre los terrenos con aptitudes hortícolas desplazando tal actividad. Ese crecimiento comercial y urbanístico en el valle central plantea el reto de buscar otras áreas productivas e implementar tecnologías que permitan la producción de hortalizas en lugares donde las condiciones agroecológicas no sean las convenientes para el desarrollo de las hortalizas (Ramírez y Nienhuis 2012b; Castilla 2005)

En Costa Rica, el uso de ambientes protegidos ha predominado en actividades de exportación como lo es la producción de ornamentales de follaje y flores de corta, recientemente se ha utilizado esta tecnología en sus diversas formas en producción de hortalizas para consumo local. Cuando se habla de ambientes protegidos existen diversos tipos, que dependiendo del tipo de cultivo así se adapta la que más convenga por razones técnicas y de costo, en el caso de las hortalizas se ha utilizado desde el “techo plástico” o plástico tomatero hasta ambientes protegidos con técnica hidropónica con uso de sustrato, también conocida como “cultivo sin suelo” o hidropónico abierto, también se ha utilizado para hortalizas de hoja como la lechuga el sistema NFT (Nutrient Film Technique) desarrollado por Cooper en los años sesenta y que ha tenido un amplio uso para este cultivo alrededor del mundo, como es un sistema donde se da la circulación de la solución nutritiva, también es conocido como hidropónico cerrado (PRONAP 2006; Hanan 1998; Castilla 2005; Gericke 1938)

La implementación de la tecnología en ambientes tropicales tiene sus particularidades, a diferencia de otras latitudes con gran desarrollo en esta tecnología (Holanda, por ejemplo). La temperatura no tiene grandes variaciones a

lo largo del año, la humedad relativa puede ser alta en determinados meses del año por la alta precipitación, y el brillo solar puede ser mayor y la calidad de la luz difiere ya que al estar más cerca del “ecuador”, los rayos solares entran de manera más perpendicular a la atmósfera modificando la calidad de la luz y condicionando el tipo de cobertura de las estructuras, mientras en Holanda se utilizan invernaderos con techo de vidrio totalmente transparentes, en el trópico predomina el uso de plásticos multicapa que ayudan a que la luz sea más difusa además de filtrar los perjudiciales rayos ultravioleta (Resh 2013; Jones 2005)

En el trópico, uno de los criterios más importantes para el diseño y la ubicación de una estructura de cultivo o “invernadero” es la dirección de los vientos predominantes, ya que el intercambio del volumen de aire del invernadero debe llevarse a cabo al menos una vez por hora. El diseño del invernadero se realiza entonces en función de las condiciones ambientales imperantes en la zona, ya que no solo debe facilitar la evacuación del aire caliente dentro de la estructura sino también su movimiento de forma pasiva sin gasto de energía en dispositivos como ventiladores y extractores, cuya operación es de alto costo (Bastida y Ramírez 2002; Hanan 1998)

Frente a la alta incidencia de plagas y enfermedades, el ambiente protegido representa una primera barrera a estas, ya que las plantas se encuentran en un semi confinamiento, y con el uso de la hidroponía que utiliza diferentes tipos de sustrato se disminuye el riesgo de enfermedades por inóculo de suelo. Se ha reportado para los cultivos hortícolas como el chile dulce y tomate, una gran cantidad de agentes nocivos tanto insectos, hongos y bacterias, así como virus transmitidos por insectos, este tipo de organismos se puede evitar en gran medida con un buen manejo del ambiente protegido, cuando se obedecen las normas de bioseguridad como por ejemplo el correcto cierre de la doble puerta que tiene como objetivo evitar la entrada de organismos perjudiciales del entorno inmediato, sin embargo es importante recalcar que ya dentro del invernadero las plagas y enfermedades tienen condiciones ideales para su desarrollo por lo que se vuelve imperativo las medidas de desinfección y prevención como por ejemplo el uso de pediluvios (Ramírez y Nienhuis 2012; Castilla 2005)

En la Región Huetar Norte de Costa Rica, se han cultivado bajo sistema de ambiente protegido hidropónico con relativo éxito hortalizas como el chile dulce, tomate y lechuga. Se ha hecho uso de cultivares que han mostrado adaptabilidad a las condiciones de alta temperatura y humedad relativa, el sistema protegido no excluye el principio de interacción genotipo-ambiente, el ambiente dentro de una estructura de cultivo protegido no representa un nivel de control como se lleva a cabo en invernaderos del norte de Europa, sino que lo que hay es una modificación del entorno inmediato de la planta, y la influencia del ambiente externo circundante a la estructura, determina el comportamiento del ambiente interno. La elección de genotipos con adaptabilidad a las condiciones climáticas de una región, se vuelve un factor determinante para el éxito de una actividad, por ejemplo se han encontrado importantes diferencias entre variedades de lechuga en la presencia o no de sabor amargo, en chile dulce y tomate se han encontrado diferencias en producción para diferentes cultivares cultivados en condiciones similares de cultivo protegido hidropónico (Rojas y Paniagua 2015; Lizano-Astorga 2020; Ramírez y Nienhuis 2012a).

### 3. METODOLOGÍA

La población beneficiaria de este proyecto de extensión, con la con la cual se trabajó toda la metodología, son asociaciones de productores, productores independientes y centros educativos. En el cuadro 1 se resume la información de los participantes de la Red de Horticultura protegida de la Región Huetar Norte (RHP-RHN).

Cuadro 1. Participantes miembros de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte (RHP-RHN) durante el periodo 2015-2020.

<b>NOMBRE</b>	<b>ESCOLARIDAD PROMEDIO</b>	<b>LOCALIDAD</b>
ASOCIACIÓN DE TRABAJADORES EN HIDROPONÍA CUBUJUQUÍ	PRIMARIA COMPLETA A INCOMPLETA	COLONIA CUBUJUQUÍ, HORQUETAS DEL CANTON DE SARAPIQUÍ DE HEREDIA
ASOCIACIÓN DE MUJERES ORGANIZADAS DE NUEVA CINCHONA (AMONCI)	PRIMARIA COMPLETA A INCOMPLETA	NUEVA CINCHONA, DISTRITO SARAPIQUÍ DEL CANTON CENTRAL ALAJUELA
FAMILIA CASTILLO MAROTO	PRIMARIA COMPLETA, SECUNDARIA INCOMPLETA	CASTELMAR DE PITAL, SAN CARLOS
ESCUELA SAN FRANCISCO DE PEÑAS BLANCAS	UNIVERSITARIA COMPLETA (PROFESORES DE LA ESCUELA) Y ESCOLARES	SAN FRANCISCO DE PEÑAS BLANCAS, SAN RAMÓN
GREGORIO CAMPOS BOLAÑOS	SECUNDARIA COMPLETA	LA AQUILEA, FLORENCIA, SAN CARLOS
COLEGIO NATANIEL ARIAS MURILLO	UNIVERSITARIA COMPLETA (PROFESORES DE LA ESCUELA) Y ESTUDIANTES DE SECUNDARIA	AGUAS ZARCAS, SAN CARLOS
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA, CAMPUS TECNOLÓGICO LOCAL SAN CARLOS	UNIVERSITARIA	SANTA CLARA, FLORENCIA DE SAN CARLOS
ASOCIACIÓN DE ADULTOS MAYORES DE VENECIA	DESDE PRIMARIA COMPLETA HASTA UNIVERSITARIA COMPLETA	VENECIA DE SAN CARLOS
YORLENY ARRIETA ZUÑIGA (YOJAMAR)	SECUNDARIA COMPLETA	PITALITO DE AGUAS ZARCAS

LORENA VARGAS ARCE	PRIMARIA COMPLETA Y SECUNDARIA INCOMPLETA	VERACRUZ DE PITAL, SAN CARLOS
ARENAL VIDA CAMPESINA	UNIVERSITARIA COMPLETA	JAURI DE PEÑAS BLANCAS DE SAN RAMÓN
JUAN DIEGO LÓPEZ	UNIVERSITARIA COMPLETA	BAJO RODRÍGUEZ DE SAN RAMÓN
ESCUELA CARRIZAL DE RIO CUARTO	UNIVERSITARIA COMPLETA (PROFESORES DE LA ESCUELA) Y ESCOLARES	CARRIZAL, CANTÓN RIO CUARTO
COLEGIO PROFESIONAL DE SANTA ROSA DE POCOSOL	UNIVERSITARIA COMPLETA (PROFESORES DE LA ESCUELA) Y ESTUDIANTES DE SECUNDARIA Y TÉCNICOS MEDIOS	SANTA ROSA DE POCOSOL, CANTON DE SAN CARLOS

Fuente: Elaboración propia.

### **3.1 Capacitación en producción hortícola y gestión empresarial bajo ambientes protegidos**

Para la capacitación, durante todo el proceso productivo de hortalizas en ambiente protegido, se recurrió a diversas modalidades conforme se fue avanzando en el desarrollo del proyecto, en primera instancia se llevaron a cabo reuniones de capacitación y de organización a modo de clases magistrales o talleres, donde se convocó a todos los participantes de la RHP-RHN para aprender y discutir algún tema en específico, en la mayoría de los casos se hizo uso de las instalaciones del ITCR-CTLSC, específicamente el Laboratorio de Entomología (Figura 1) y el mini auditorio de la Escuela de Agronomía, para la movilización de muchos de los participantes se contó con la colaboración del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) por intermedio del Ing. Herbert Villalobos Soto de la unidad de Gestión Ambiental de la cuenca del río Peñas Blancas con sede en la estación Cariblanco, del Instituto de Desarrollo Rural (INDER) oficina región Huetar Norte y del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) agencia de extensión agropecuaria de Venecia de San Carlos.



Figura 1. Sesión de capacitación y organizativa de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, impartida en el laboratorio de Entomología de la Escuela de Agronomía del ITCR-CTLSC (2019) (Foto: Herbert Villalobos).

Conforme el proyecto avanzó en la construcción de los invernaderos y el cultivo de las mismos, se recurrió a las capacitaciones “*in situ*”, o sea durante el propio proceso productivo, convirtiéndose este tipo de capacitación en un verdadero acompañamiento a modo de asesoría técnica en forma constante, que se le impartió a cada uno de los participantes a lo largo de todo el proceso productivo. Se promovió también la participación colaborativa entre los miembros de la RHP-RHN y esto se llevó a cabo en múltiples ocasiones, y consistió en que cuando se tenía que llevar a cabo alguna actividad en alguno de los invernaderos, otros miembros participaban ayudando en el proceso, por ejemplo, cuando se llevaba a cabo la instalación de un sistema de riego y cuyo objetivo fue promover entre ellos un espíritu colaborativo en miras a la consolidación de la red como un consorcio u organización.

Dentro de las modalidades de capacitación abordadas estuvieron las siguientes:

- Clases magistrales
- Talleres prácticos
- Colaboración conjunta entre participantes
- Asesoría o acompañamiento a lo largo del proceso productivo

Para cada una de las capacitaciones, se dejó evidencia de la asistencia como lo son la lista de participantes, y la hoja de recomendaciones dejada por cada visita a cada uno de los proyectos de los diferentes integrantes de la RHP-RHN, a cada uno de los cuales se les abrió un expediente.

Respecto a la temática planteada para las capacitaciones, se abordaron tópicos relacionados a la producción hortícola, y también en el área de gestión administrativa. Las temáticas abordadas en las capacitaciones fueron las siguientes:

Técnico hortícola:

- Como crecen las plantas
- El sistema productivo de hortalizas en ambiente protegido y sus componentes
- Nutrición de las plantas
- Hidroponía básica
- Preparación de soluciones nutritivas para hidroponía
- Relación agua y planta
- Sistemas de riego localizado, funcionamiento e instalación
- Manejo de la planta, tutorado y podas
- Producción de almácigos de hortalizas
- Especies de hortalizas y uso de cultivares comerciales
- Manejo integrado plagas y enfermedades de los cultivos hortícolas
- Control biológico de plagas y enfermedades
- Agroquímicos, que son y para qué sirven

Gestión empresarial:

- Elaboración de su plan estratégico.
- Capacitación in situ cómo administrar una pequeña empresa.
- Elaboración de un flujo de caja a 10 años para evaluar financieramente los proyectos de inversión
- Registro de la información financiera y su contabilidad
- Registro gastos de insumos, mano de obra, cosecha, y ventas
- Cálculo del estado de pérdidas y ganancias

### **3.2 Diseño de la infraestructura de cultivo en ambiente protegido (invernaderos)**

Para el diseño de los invernaderos, se tomó en cuenta varios factores como los son:

- Tipo de materiales disponibles y sus dimensiones
- Condiciones climáticas predominantes de la Región
- Área disponible para cada uno de los integrantes de la red
- Cultivo(s) a desarrollar
- Disponibilidad de mano de obra calificada en construcción y soldadura

Se procedió a llevar a cabo dibujos a escala de las diferentes partes estructurales que componen un invernadero, como los son las paredes, los arcos, postes y cerramiento, y la doble entrada. Las medidas se determinaron tomando en cuenta las dimensiones de los materiales disponibles y la maximización del área de ventilación lateral de los invernaderos que consiste de las paredes y el monitor cenital. El diseño básico se hizo modular y desarmable, de modo que sería fácil poder ampliar las estructuras a futuro manteniendo su diseño básico, este diseño debe ser funcional para favorecer la ventilación pasiva del invernadero y su intercambio gaseoso.

Se confeccionó una maqueta de la estructura básica para ser utilizada en el proceso de capacitación de los participantes del proyecto. Se describieron todos los procesos que implicaba el establecimiento de la infraestructura junto con dibujos a escala de todos los componentes estructurales.

### **3.3 Construcción de las estructuras de cultivo en ambiente protegidos o “invernaderos”**

Con base en el diseño previamente realizado, se procedió a la construcción de los invernaderos según área disponible y presupuesto. Dependiendo del tipo de participante, se llevó a cabo un proceso de licitación pública o bien el mismo productor se encargó de construir o contratar su propia estructura.

La construcción de los invernaderos se dividió en cuatro etapas:

*Primera:* Elaboración de los elementos estructurales, estos son las partes básicas que componen los invernaderos y que pueden ser armadas con tornillería

*Segunda:* Ensamblaje de las estructuras en el campo, como se trata de una estructura desarmable, esta se ensambla en el campo con ayuda de tornillería y fijación con bases de cemento en el suelo, el tamaño y disposición de la estructura se adaptó al terreno disponible para tal propósito

*Tercera:* Cerramiento de la estructura, este cerramiento consiste en la postura del plástico para el techo del invernadero y de la malla antiinsectos (también llamada antiáfidos) que lleva en las paredes y el monitor cenital, además de la colocación del piso del invernadero que consiste de un plástico cobertor de color blanco llamado "grown cover".

*Cuarta:* Instalación del sistema de riego, contenedores de cultivo y tutorado. Se instalaron todos los dispositivos necesarios para un sistema de riego localizado semiautomatizado, el sistema NFT (Nutrient Film Technique) también se instaló utilizando una disposición de "pirámide". Los contenedores de cultivo se colocaron en cada una de las hileras dentro del invernadero y se llenaron con sustrato de arena roja volcánica, para cada una de las hileras se instaló, anclado a la estructura y el sistema para tutorado de las plantas.

La descripción detallada de las tres primeras etapas, se muestran en el apéndice 1, correspondiente al cartel de licitación utilizado por el ITCR para la contratación de las estructuras financiadas mediante el convenio ITCR-INDER.

### **3.4 Registro de la información técnico-agronómica y contable de los procesos productivos**

Para llevar el registro de la información de tipo técnico y contable del proceso productivo, se elaboraron hojas de registro con ayuda del programa Excel, para los productores que tuvieran acceso a una computadora y llevaran su registro de esa forma, como la mayoría no poseen este dispositivo, se les imprimió hojas de registro

de formato sencillo de llenar con la información solicitada. Esta información se les solicitó de manera semanal, para así tener información que ayuda a la toma de decisiones durante el ciclo de los diferentes cultivos.

Se recopiló la información climática durante un período de tres meses en seis de las comunidades más representativas de la RHP-RHN, específicamente abril, mayo y junio del año 2017, se midieron las siguientes variables ambientales: Temperatura, humedad relativa y luminosidad, para esto se utilizó un sensor ambiental tipo “data logger” Extech modelo RHT20 (FLIR System inc. U.S.A), este sensor se colocó en cada localidad a lo interno del invernadero y a lo externo del mismo.

### **3.5 Producción y comercialización de las hortalizas**

Para el proceso de producción de las diferentes hortalizas, se llevó a cabo una serie de actividades que se indican a lo largo del proceso de capacitación y acompañamiento. Primeramente, se eligieron las hortalizas a sembrar, se seleccionaron chile dulce, tomate, lechuga y culantro por ser de alta demanda y fácil venta; sin embargo, no se descartó la producción de otros tipos de hortalizas.

Este proceso productivo incluye algunas actividades como las siguientes:

- Trasplante
- Fertirriego y aforo de emisores de agua
- Monitoreo semanal del crecimiento del cultivo
- Monitoreo semanal de plagas y enfermedades
- Preparación de la solución nutritiva completa
- Tutorado del cultivo (los que así lo requieran)
- Poda de plantas, en cultivos que así lo requieran como el chile dulce y tomate
- Aplicación foliar de complementos nutricionales y fitosanitarios
- Aplicación de productos de origen biológico con carácter preventivo
- Cosecha
- Selección por calidad y empaçado

En cuanto a la comercialización, se llevó a cabo principalmente de manera local, los productos se empačan según lo requiera el cliente, y se utiliza

regularmente la bolsa plástica con un mínimo de proceso el cual incluye el lavado y secado de las hortalizas.

### 3.6 Desarrollo de una página Web para a Red de Horticultura protegida de la Región Huetar Norte

Se utilizó la página del ITCR y se desarrolló un link específico para la Red, en el cual se integró información acerca del proyecto, en esta se utilizó información de cada uno de sus participantes, así como fotografías y sus contactos.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Capacitación en producción hortícola y gestión empresarial bajo ambientes protegidos

Durante los dos primeros años del proyecto, 2015 a 2016, se llevaron a cabo un total de 24 capacitaciones por año, en los cuadros 2 y 3 se detallan los temas, fechas y lugares donde se llevaron a cabo las actividades. De estos talleres se tiene un registro de participación de 25 personas en promedio por sesión, todos ellos integrantes de la RHP-RHN incluidos en el cuadro 1 y 4.

Cuadro 2. Lista de capacitaciones en horticultura protegida y gestión empresarial por medio de charlas magistrales durante el año 2015.

Temática	Nombre charla	lugar	fecha (s)
<i>Horticultura protegida</i>	Como crecen las plantas	ITCR-CTLSC	5/2/2015
	El sistema productivo de hortalizas en ambiente protegido y sus componentes 1	ITCR-CTLSC	18/2/2015
	El sistema productivo de hortalizas en ambiente protegido y sus componentes 2	ITCR-CTLSC	4/3/2015
	El sistema productivo de hortalizas en ambiente protegido y sus componentes 3	ITCR-CTLSC	18/3/2015
	Nutrición de las plantas 1	ITCR-CTLSC	8/4/2015
	Nutrición de las plantas 2	ITCR-CTLSC	22/4/2015

	Hidroponía básica	ITCR-CTLSC	6/5/2015
	Preparación de soluciones nutritivas para hidroponía Taller práctico)	ITCR-CTLSC	20/5/2015
	Preparación de soluciones nutritivas para hidroponía Taller práctico)	ITCR-CTLSC	3/6/2015
	Relación agua y planta	ITCR-CTLSC	17/6/2015
	Sistemas de riego localizado, funcionamiento e instalación	ITCR-CTLSC	24/6/2015
	Manejo de la planta, tutorado y podas	ITCR-CTLSC	3/8/2015
	Producción de almácigos de hortalizas	ITCR-CTLSC	12/8/2015
	Especies de hortalizas y uso de cultivares comerciales	ITCR-CTLSC	19/8/2015
	Manejo integrado plagas y enfermedades de los cultivos hortícolas	ITCR-CTLSC	26/8/2015
	Control biológico de plagas y enfermedades	ITCR-CTLSC	2/9/2015
	Agroquímicos, que son y para qué sirven	ITCR-CTLSC	9/9/2015
<i>Gestión empresarial</i>	Elaboración de su plan estratégico 1	ITCR-CTLSC	12/2/2015
	Elaboración de su plan estratégico 2	ITCR-CTLSC	25/2/2015
	Capacitación in situ cómo administrar una pequeña empresa	AMONCI, Nueva Cinchona	11/3/2015
	Capacitación in situ cómo administrar una pequeña empresa	Escuela Sn Fco. Peñas Blancas	25/3/2015
	Capacitación in situ cómo administrar una pequeña empresa	Horquetas Sarapiquí	15/4/2015
	Elaboración de un flujo de caja a 10 años para evaluar financieramente los proyectos de inversión	ITCR-CTLSC	29/4/2015
	Registro de la información financiera y su contabilidad 1	ITCR-CTLSC	13/5/2015
	Registro de la información financiera y su contabilidad 2	ITCR-CTLSC	27/5/2015
	Registro gastos de insumos, mano de obra, cosecha, y ventas	ITCR-CTLSC	10/6/2015
	Cálculo del estado de pérdidas y ganancias	ITCR-CTLSC	24/6/2015

Cuadro 3. Lista de capacitaciones en horticultura protegida y gestión empresarial por medio de charlas magistrales durante el año 2016.

<b>Temática</b>	<b>Nombre charla</b>	<b>lugar</b>	<b>fecha (s)</b>
<i>Horticultura protegida</i>	Cultivo del tomate: tipos y cultivares	ITCR-CTLSC	3/2/2016
	Cultivo del tomate: hábitos de crecimiento, poda y tutorado	ITCR-CTLSC	17/2/2016
	Cultivo del tomate: plagas y enfermedades	ITCR-CTLSC	2/3/2016
	Cultivo del tomate: manejo, producción y cosecha	ITCR-CTLSC	30/3/2016
	Cultivo del chile dulce: tipos y cultivares	ITCR-CTLSC	13/4/2016
	Cultivo del chile dulce: tipos de poda y tutorado	ITCR-CTLSC	27/4/2016
	Cultivo del chile dulce: plagas y enfermedades	ITCR-CTLSC	11/5/2016
	Cultivo del chile dulce: manejo, producción y cosecha	ITCR-CTLSC	25/5/2016
	Cultivo de hortalizas de follaje: lechuga y apio	ITCR-CTLSC	10/8/2016
	Cultivo de hortalizas de follaje: culantro y xilantro	ITCR-CTLSC	24/8/2016
	Cultivo de hortalizas de follaje: albahaca y otras especias	ITCR-CTLSC	7/9/2016
	Producción de ornamentales	AMONCI, Nueva Cinchona	21/9/2016
	<i>Gestión empresarial</i>	Capacitación "in situ" de uso de la hoja de cálculo de Excel	AMONCI, Nueva Cinchona
Capacitación "in situ" de uso de la hoja de cálculo de Excel		Escuela San Francisco Peñas blancas	24/2/2016
Capacitación "in situ" de uso de la hoja de cálculo de Excel		Familia Castillo Maroto, Pital	9/3/2016
Capacitación "in situ" de uso de la hoja de cálculo de Excel		Lorena Vargas Arce, Pital	6/4/2016
Capacitación "in situ" de uso de la hoja de cálculo de Excel		CTP Aguas Zarcas	20/4/2016
Capacitación "in situ" de uso de la hoja de cálculo de Excel		CTP Santa Rosa de Pocosol	4/5/2016
Capacitación "in situ" de uso de la hoja de cálculo de Excel		Escuela de Carrizal de Río Cuarto	18/5/2016

Capacitación "in situ" de uso de la hoja de cálculo de Excel	Gregorio Campos, Florencia de San Carlos	3/8/2016
Capacitación "in situ" de uso de la hoja de cálculo de Excel	Asoc de Trabajadores hidropónicos de Cubujuquí de Sarapiquí	17/8/2016
Capacitación "in situ" de uso de la hoja de cálculo de Excel	Yorleny Arrieta, Pitalito	31/8/2016
Capacitación "in situ" de uso de la hoja de cálculo de Excel	ETAI, Santa Clara	14/9/2016

Posteriormente, cuando el proceso productivo empezó, se inició con las visitas semanales a los proyectos, en tales visitas se impartió la capacitación "in situ", sobre: instalación de sistemas de riego, trasplante, tutorado y poda de plantas de chile dulce y tomate entre otras prácticas.

Cuadro 4. Lista de productores capacitados en horticultura protegida y gestión empresarial, de la Red de Horticultura protegida de la Región Huasteca Norte.

<i>Nombre productor</i>	<i>Organización</i>
Blanca Ramírez	AMONCI
María Eugenia García	AMONCI
Lorena Vargas Arce	Productora independiente
Vanessa Maroto Vargas	Productora independiente
José Ángel Alfaro	Supermercados Canasta Básica
Gregorio Campos Bolaños	Productor independiente
Cristian Castillo	Productor independiente
Alejandra Borbón Vargas	Escuela Carrizal de Río Cuarto
Vinicio Calderón Castro	CTP Aguas Zarcas
Eulín Chacón	Escuela San Francisco de Peñas Blancas
Luis Mejías Jarquín	Escuela San Francisco de Peñas Blancas
Tobías Zúñiga	CTP Aguas Zarcas

Karla Duarte Miranda	AMONCI
Cecilia González	AMONCI
Vilma Cambroneró González	AMONCI
Luis Rodolfo Vargas	CTP Santa Rosa de Pocosol
Anaía Ramírez	Asoc. Productores en Hidroponía de Cubujuquí de Sarapiquí
Yorleny Arrieta Zúñiga	YOJAMAR, Pitalito
Erick Agüero Guerrero	CTP Santa Rosa de Pocosol
Gerardo Villegas Castillo	ETAI Santa Clara
María del Carmen Araya Sibaja	AMONCI
Francia Morera	AMONCI
Anibal Matarrita	CTP Santa Rosa de Pocosol
Luis Guillermo Prado	Escuela San Francisco de Peñas Blancas
Itza González Castillo	Asoc. Productores en Hidroponía de Cubujuquí de Sarapiquí
Hernán Acuña Salazar	Asoc. Productores en Hidroponía de Cubujuquí de Sarapiquí
Merilyn Rodríguez	CTA Santa Clara

También se llevaron a cabo reuniones con todos los integrantes de la RHP-RHN (generalmente en el mes de febrero), para organizar las actividades de ese año. Muchos de los aspectos discutidos se refirieron a asuntos organizativos y de procedimiento, se definió el cronograma de visitas para el acompañamiento técnico y financiero que se dio a todos los participantes. De modo que no solo se impartieron los temas expuestos en la metodología de tipo técnico y financiero, sino que también el proceso organizativo conjunto.

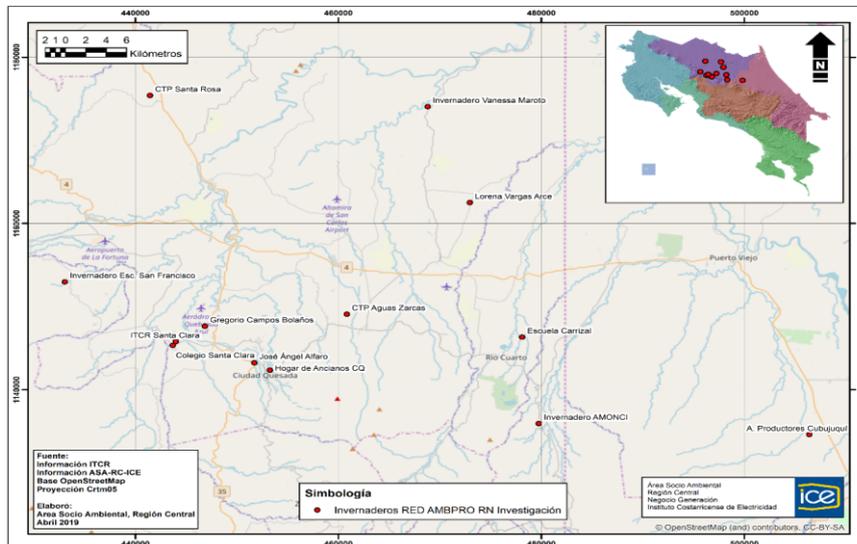


Figura 2: Área de influencia del proyecto Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Fuente: ICE, 2019)

Conforme se llevó a cabo la gestión de financiamiento, se fueron incorporando nuevos participantes a la RHP-RHN, muchos de ellos recomendados por el INDER, y otros que se enteraron por medio de reportajes, ampliando el área de influencia de la RHP-RHN tal como se muestra en la figura 2.

Un resultado importante del proceso de capacitación, fue la conciencia de parte de los beneficiarios de que el proceso productivo requiere mano de obra que se convierte en autoempleo, y que además la actividad se extiende a una serie de beneficiarios que pueden ser directos e indirectos, cuantificar este efecto se hace importante para medir el impacto social de la actividad y de la RHP-RHN como un todo. En el cuadro 5 se indica la cantidad de empleo generado y los beneficiarios según participante de la RHP-RHN. En el caso de escuelas y colegios, los estudiantes de estos centros de educación eran considerados beneficiarios indirectos debido a que los productos producidos en los invernaderos eran utilizados para alimentar a los estudiantes.

Cuadro 5. Generación de empleo y número de beneficiarios por cada participante de la red de horticultura protegida de la región huetar norte, Costa Rica

<b>PARTICIPANTE</b>	<b>GENERACIÓN DE EMPLEO (CANTIDAD DE PERSONAS POR PROYECTO)</b>	<b>NÚMERO DE BENEFICIARIOS DIRECTOS E INDIRECTOS</b>
ASOCIACIÓN DE TRABAJADORES EN HIDROPONÍA CUBUJUQUÍ	6	6
ASOCIACIÓN DE MUJERES ORGANIZADAS DE NUEVA CINCHONA (AMONCI)	8	8
FAMILIA VARGAS CASTILLO	2	5
ESCUELA SAN FRANCISCO DE PEÑAS BLANCAS	2	1500
SR. GREGORIO CAMPOS	2	5
COLEGIO NATANIEL ARIAS MURILLO	3	1160
INVERNADERO ESCUELA DE AGRONOMÍA ITCR	1	5
YORLENY ARRIETA ZUÑIGA	2	5
LORENA VARGAS	2	5
ASOCIACIÓN DE ADULTOS MAYORES DE VENECIA	15	45
JUAN DIEGO LÓPEZ	2	5
ESCUELA CARRIZAL DE RIO CUARTO	2	600
COLEGIO PROFESIONAL DE SANTA ROSA DE POCOSOL	2	1500
<b>TOTAL</b>	<b>49</b>	<b>4849</b>

#### **4.2 Diseño de la infraestructura de cultivo en ambiente protegido (invernaderos)**

Se diseñó una infraestructura básica considerando los factores indicados en la metodología. Se hicieron dibujos que ayudaron a estimar las dimensiones (Figura 3), el gasto en materiales y sus tipos, así como la facilidad de poder hacer una estructura de tipo modular y desarmable, dentro de las consideraciones técnicas para hacer un diseño agronómico de la infraestructura, se tomó en cuenta las

condiciones ambientales, los cultivos y los tipos de materiales disponibles. La elaboración de una maqueta ayudó a visualizar mejor el diseño y validarlo (Figura 4)

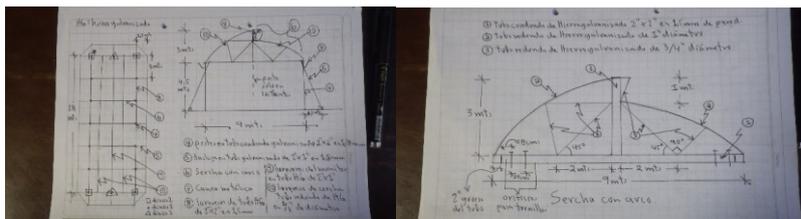


Figura 3: Dibujos o bocetos del proceso de diseño de un invernadero modular desarmable para la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Fuente: realización propia)



Figura 4: Confección de la maqueta del invernadero para la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (foto: Carlos Ramírez Vargas).

En la RHN predominan las altas temperaturas y humedad relativa, por lo que la estructura se diseñó con el máximo de área de ventilación posible, esta área la

componen las paredes y el monitor, un aspecto técnico importante es la relación entre el área que cubre el invernadero y el área de ventilación, que debe ser igual o mayor a 1 (Ramírez y Bastida 2004; Hanan 2004), ésta se cumple en un invernadero cuyas paredes sean de 4,5 metros de alto y un monitor de 1 metro de alto (Figura 5). El tipo de material que se seleccionó para la cobertura de las paredes es la malla de nylon blanco de 40 mesh, también conocida como antiáfidos, que permite una buena ventilación y obstruye la entrada de algunos insectos pequeños como los áfidos y otros hemípteros.

El plástico para el techo de los invernaderos se seleccionó con tratamiento para el filtraje de los rayos ultravioleta, que sea pentacapa y antigoteo, con un nivel de sombra del 10%, esto último como consecuencia de los aditivos que ayudan a la difusión de la luz, característica deseable en todo plástico para invernaderos, en condiciones de baja luminosidad se hubiera seleccionado un plástico casi transparente que permita al máximo la entrada directa de la luz, y en condiciones de muy alta radiación se hubiera recurrido a un plástico lechoso o bien encalarlo con una película de  $\text{CaCO}_3$  diluido en agua y aplicado con un spray.

Otra selección importante fue respecto al material constructivo, se seleccionó el hierro galvanizado, ya que este posee características ideales como son la no corrosión, y la variabilidad en medidas y grosores, en nuestro caso se utilizaron tubos cuadrados para los postes, los largueros y parte del arco o la cercha, en el caso de los tubos que conforman el arco se seleccionaron tubos redondos también galvanizados. La sujeción del plástico y de la malla se hizo con un sistema de perfil metálico con resorte que prensa el plástico y la malla sin necesidad de perforarlo, lo que ayuda a que se sujete a todo lo largo sin daño alguno para las coberturas (Figura 6), igualmente se diseñaron estructuras de sujeción de los largueros para facilitar el ensamblaje con tornillería (Figura 7).

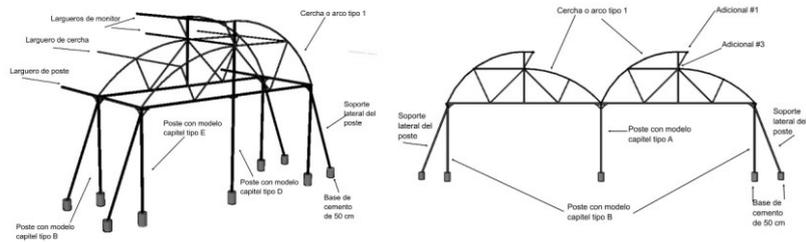


Figura 5. Estructura modular básica de un invernadero de una o dos casas para la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Fuente: realización propia).

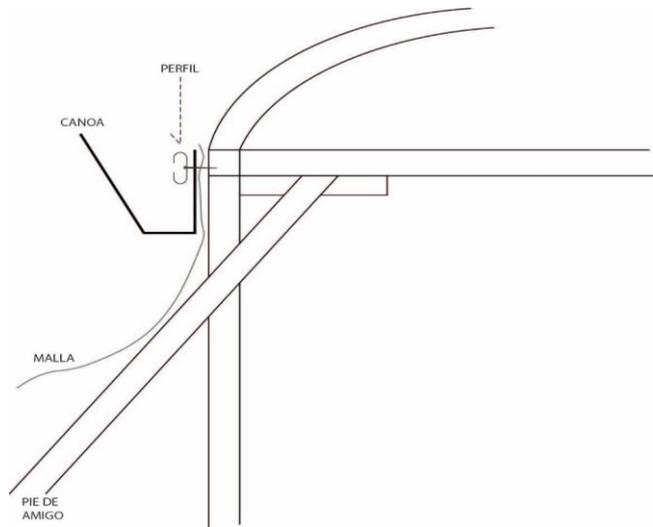


Figura 6. Detalle para la sujeción del plástico, la malla y la colocación de la canoa de un invernadero de Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Fuente: realización propia)

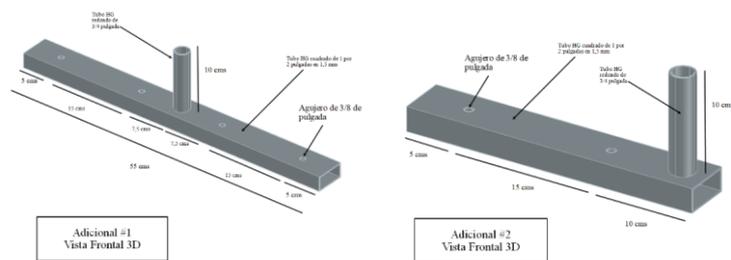


Figura 7. Dispositivos de sujeción de los elementos estructurales para un invernadero modular desarmable para la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Fuente: realización propia)

También se tomó en cuenta la alta precipitación del lugar para la selección de las canoas, su dimensión y el número de bajantes por metro lineal, en tal caso se seleccionó una canoa con unas medidas de 30 centímetros de ancho y un alto de 25 cms, bajantes con “boquillas” de 4 pulgadas de diámetro, lo que permite colocar tubos de PVC de tal medida. Estas canoas también tienen la finalidad de ayudar a la cosecha del agua de lluvia para el riego de los invernaderos, la cual es recolectada en un tanque de al menos 5000 litros.

#### 4.3 Construcción de las estructuras de cultivo de ambiente protegidos o invernaderos

Para el financiamiento de la construcción de los invernaderos se recurrió a varias fuentes, una de ellas fue los recursos propios de cada uno de los participantes, otro fue a través del ICE y su departamento de Gestión Ambiental, que aportaron mano de obra capacitada, materiales como plásticos, malla y algunos metales, en el caso de las instituciones de educación pública como algunos colegios técnicos, se recurrió a recursos del Ministerio de Educación Pública (MEP), y se hicieron procesos de licitación pública para la contratación de la construcción de los invernaderos, esto aplicó para dos instituciones particularmente, una fue el Colegio técnico profesional de Aguas Zarcas y el otro fue el Colegio Técnico Profesional de Santa Rosa de Pocosol, para ambos casos se construyeron invernaderos de 420 y 300 metros cuadrados respectivamente, siguiendo el diseño propuesto para la RHP-RHN.

Otra fuente de financiamiento a la que se recurrió fue el Instituto de Desarrollo Rural (INDER), a través de la oficina territorial San Carlos - Río Cuarto - Peñas Blancas, se hicieron dos tipos de trámites que fueron: la elaboración de un convenio específico entre el ITCR y el INDER para este financiamiento (Apéndice 2), que además incluiría la compra de insumos, materiales y material vegetal, en este convenio se financiaron únicamente a grupos organizados como asociaciones o instituciones, el monto de este convenio fue de 99 350 424 colones aportado por el INDER y de 26 470 494 colones por parte del ITCR, para un total de 125 820 918 colones. El dinero aportado por el INDER se depositó al ITCR y que se ejecutó a través del proyecto en el año 2019 y primer semestre del 2020.

El otro trámite fue a través del programa de Seguridad Alimentaria de la misma oficina territorial del INDER, en este tipo si se puede financiar a personas físicas o productores independientes, y lo que se suministra son materiales comprados por INDER, y cuyo objetivo fue ampliar la capacidad instalada de productores con demostradas aptitudes para poder llevar a cabo una actividad productiva, el monto de esta ayuda fue de 2 700 000 colones para cada uno de los cuatro productores independientes, para un total de 10 800 000 colones, advirtiendo que deben ser ellos mismos los que construyan o amplíen los invernaderos. El número de estructuras y su fuente de financiamiento se resumen en el cuadro 6. En total se construyeron 24 invernaderos.

Cuadro 6. Número de invernaderos construido y acondicionados para producción según fuente de financiamiento de la Red de Horticultura protegida de la Región Huetar Norte.

<b>Fuente de financiamiento</b>	<b>Número de invernaderos</b>
INDER Seguridad Alimenticia	5
Convenio INDER-ITCR	12
Recursos propios u otras fuentes	7
<b>Total</b>	<b>24</b>

Para la construcción propiamente dicha se llevaron a cabo los cuatro procesos indicados en la metodología, como la estructura es de tipo modular y desarmable, antes de llevar a cabo el ensamblaje de la misma en el campo, cada uno de los beneficiarios debió acondicionar el terreno para tal propósito, para ello se

debió recurrir (en muchos casos), al uso de maquinaria y material para emparejar el piso, que generalmente fue lastre, arena roja o arena de río. Existió una colaboración oportuna y voluntaria de instituciones como municipalidades y el ICE a través de su departamento de Gestión Ambiental (Figura 8 y 9).



Figura 8. Acondicionamiento del terreno de la Escuela de Carrizal de Río Cuarto por parte de maquinaria del ICE para la instalación del invernadero como parte de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).



Figura 9. Acondicionamiento del terreno de la Asociación de Trabajadores hidropónicos de Cubujuquí, por parte de maquinaria de la municipalidad de Sarapiquí de Heredia, para la instalación del invernadero como parte de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).

Luego del acondicionamiento de los terrenos donde se construyeron los invernaderos, se trasladó los elementos estructurales para ser ensamblados en el campo, estos elementos fueron confeccionados en talleres de soldadura y su ensamblado en el campo se hizo según las dimensiones de cada uno de ellos (Figura 10).



Figura 10. Traslado al campo de los elementos estructurales de los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).

Una vez ubicados los elementos estructurales correspondientes en cada uno de los sitios, se inició con el ensamblado de la estructura, primero se colocaron los postes los cuales van fijados en el suelo con base de concreto (Figura 11), luego se colocaron los largueros de las paredes, se continuó con la colocación de los arcos o cerchas (Figura 12) y de sus respectivos largueros, luego se continuó con la colocación de las canoas y se finalizó con la postura del material de cobertura que consiste del plástico y la malla antiáfidos (Figura 13).



Figura 11. Postes del invernadero sujetos con concreto a nivel de suelo en la localidad de Nueva Cinchona, para la Asociación de Mujeres organizadas de Nueva Cinchona (AMONCI), de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas)



Figura 12. Colocación de largueros, cerchas o arcos en un invernadero de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).



Figura 13. Colocación de cobertura plástica en invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).

Cuando ya se tenían las estructuras debidamente ensambladas y cerradas con plástico y malla antiáfidos, se procedió a la postura del piso, instalación del sistema de riego dentro de la caseta construida para tal efecto (Apéndice1 y Figura 14) y en el invernadero, los contenedores, estructuras de cultivo NFT y el sistema de tutorado (Figuras, 15, 16, 17,18, 19 y 20).



Figura 14. Caseta para la instalación del sistema de riego y bodega de insumos para los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).

El sistema de riego para cada invernadero consistió de las siguientes partes:

- Tanque de agua de 5000 litros o más para la cosecha del agua de lluvia conectado a uno de los bajantes de las canoas del invernadero
- Tanque de agua de 1000 litros para la solución nutritiva hidropónica completa
- Bomba eléctrica para agua de tipo periférica de 1 HP de potencia
- Temporizador para cuatro zonas con capacidad de 36 arranques diarios de 110 V con transformador a 24 VAC (voltio corriente alterna)
- Contactor eléctrico con bobina de 24 VAC
- Electroválvula de 24 VAC
- Filtro de discos de 1 pulgada de diámetro
- Válvula de alivio de 1 pulgada de diámetro
- Tubería de poliducto de 1 pulgada de diámetro
- Tubería de poliducto de ½ pulgada de diámetro
- Distribuidores para microtubo de cuatro salidas verticales
- Microtubo de hule para riego
- Púas o estacas para riego de 2,6 litros por hora de caudal de trabajo

El tanque para la cosecha de lluvia se instaló fuera del invernadero y se le colocó el tubo de bajante de 4 pulgadas en una de las entradas laterales (Figura 17), de este sale una tubería de 1 pulgada hacia la caseta de riego. En la caseta de riego, se ubica el tanque para la solución nutritiva, y a este se le conecta la bomba eléctrica con ayuda de llaves y accesorios para riego en poliducto de 1 pulgada, también está conectada la tubería del tanque de cosecha de agua de lluvia, de modo que es posible utilizar la bomba eléctrica para llenar el tanque de solución con el agua de lluvia y a la vez ser la que lleve a cabo la aplicación del riego dentro del invernadero.

La bomba eléctrica se activa por medio del temporizador, este se programa a conveniencia y tiene capacidad de hacer 36 arranques diarios de duración de 1 minuto a 60 minutos según se necesite. Al temporizador se conectan la electroválvula y el contactor, el contactor se encarga de dejar pasar corriente de 110 VAC a la bomba y la electroválvula dejar pasar el agua por la tubería que va al invernadero. Luego de la electroválvula se colocan dos dispositivos más, el primero es un filtro de discos para riego por goteo y una válvula de alivio cuya función es cortar el flujo del agua por la tubería una vez acabado el riego.

De la caseta de riego sale para el invernadero una tubería de 1 pulgada de diámetro que se coloca a todo lo largo de la estructura, y se conecta a esta otra tubería de poliducto de ½ pulgada a una distancia de 1,5 metros (Figura 15), la cual tiene una llave y cada 40 u 80 cms se coloca el distribuidor de cuatro salidas verticales para poliducto, de donde salen cuatro microtubos de 50 cms de longitud con una púa para riego por goteo en su parte terminal, estos microtubos se colocan dos por cada contenedor (Figura 16)

Los contenedores utilizados en los invernaderos son de 20 y 4 litros de capacidad, los primeros son utilizados para los cultivos de porte alto como el chile dulce y el tomate. Estos recipientes se llenan con sustrato de arena roja volcánica fina proveniente del Tajo Rojo de Altamira de Aguas Zarcas de San Carlos, este sustrato tiene la cualidad de ser muy inerte química y biológicamente, tiene una capacidad de retención de agua del 50% e igual de aireación, lo cual lo hace muy conveniente para uso en sistema de tipo hidropónico abierto (Figura 15, 16 y 17).



Figura 15. Postura de los contenedores con sustrato dentro de los invernaderos e instalación del sistema de riego para los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).



Figura 16. Detalle de la instalación de las mangueras de riego con sus respectivos microtubos y goteros en las macetas con sustrato de arena roja volcánica para los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).



Figura 17. Invernadero con cobertura blanca del piso, contenedores con sustrato y tanques externos para cosecha de agua de lluvia para riego en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).

En el caso del sistema NFT (nutrient film technique), este se instaló en una disposición de pirámide, esta consiste de un caballete de madera de forma triangular (Apéndice 1), en este caballete se sujetan las tuberías de 3 pulgadas de diámetro que van a contener las “canastillas” donde se colocan las plántulas y que están a una distancia de 30 cm entre ellas. Las pirámides se colocan en grupos de cuatro distanciadas cada 1,8 metros y van a sostener un total de 8 tubos de 6 metros de longitud, cada tubo va tener en cada extremo una tubería de drenaje y una de distribución, la primera sirve para recoger la solución y llevarla al tanque de solución nutritiva de 200 litros de capacidad, y la segunda es la que viene desde el tanque que con ayuda de una bomba de agua eléctrica de ½ HP es impulsada hacia la tubería para llenarla (Figura 18 y 19)

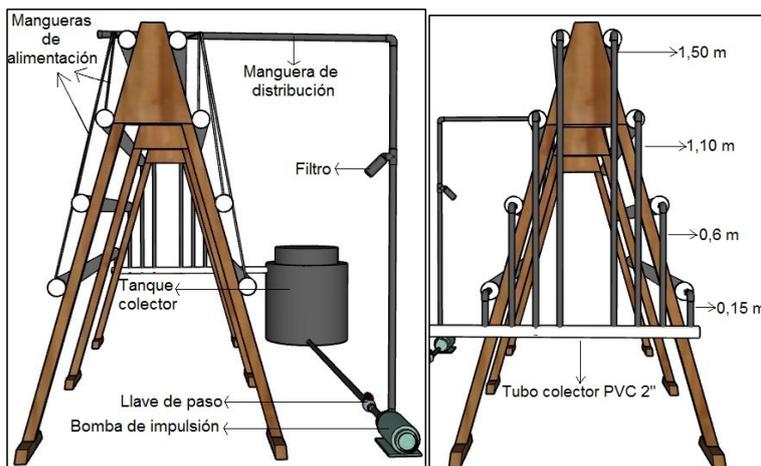


Figura 18. Diagrama general de la red de distribución para un sistema NFT en disposición piramidal y sus componentes para los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Fuente: Lizano-Astorga, 2020).



Figura 19. Sistema hidropónico NFT con tubería blanca de PVC instalado en forma de “pirámide” en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).



Figura 20. Estudiantes de la carrera de Agronomía del ITCR-CTLSC del curso cultivos protegidos diseñando un prototipo de sistema NFT en disposición de pirámide como proyecto para los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).

Por último, se instaló el sistema de tutorado, que se utiliza para la sujeción de las plantas de cultivo de chile dulce y tomate, cada una de las hileras de este cultivo se colocan cada 1,5 metros de distancia entre ellas, de igual forma se coloca el sistema de tutorado que consiste de un cable de acero de  $\frac{1}{4}$  pulgada de grosor colocado a 3 metros de altura desde el piso, se sujeta con gazas y tornillos de ojo y se tensa con ayuda de tensoras. Cada hilera de cultivo constó de un cable del cual se sujetan las plantas con ayuda de hilo o mecate de “piola” amarrado a un “gancho”, cada planta de cultivo contó con tantos “ganchos” como guías o tallos se manejen mediante podas (Figura 21)



Figura 21. Sistema de tutorado de plantas de chile dulce y detalle del sistema de amarra del hilo con “ganchos” para la sujeción de las plantas para los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Foto: Carlos Ramírez Vargas).

El total de invernaderos construidos durante el desarrollo del proyecto se detalla en los cuadros 7 y 8, en estos se especifica el área de cada uno, el propietario, la fuente de financiamiento y su tipo. Como se puede observar se tiene un área efectiva y capacidad instalada de casi 6000 metros cuadrados, distribuidas en muchas comunidades de la RHN, los tipos de estructura y la tecnología incorporada permiten llevar a cabo un proceso de producción de hortalizas hidropónicas bajo ambiente protegido, con uso del agua de lluvia (cosecha de agua), con un mínimo uso de plaguicidas químicos y con un alto grado de inocuidad. Todos estos productores ubicados en diferentes partes de la RHN (Figura 2), manejan el mismo sistema de producción, definiéndose este como sistema de cultivo hidropónico bajo ambiente protegido.

Cuadro 7. Área total de invernaderos en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, por beneficiario y tipo según su uso (fuente: elaboración propia).

Beneficiario	Hidrop			Med y Ornam	Total
	Abierto	Macrotunel	NFT		
AMONCI	420	300		120	840
Asoc Cubujuquí	300	170	150		620
ITCR-CTLSC	450				450
Escuela Carrizal Río Cuarto	300		120		420
Escuela Sn Fco Peñas Blancas	540		120		660
CTP Sta Rosa Pocosol	600		150		750
Asoc Adultos Venecia	300				300
Gregorio Campos Bolaños	360				360
Lorena Vargas Arce	150				150
Familia Castillo Maroto	510				510
Juan Diego López	150				150
Yojamar	180				180
Arenal Vida Campesina	300				300
CTP Santa Clara y ETAI	300				300
<b>Subtotales</b>	<b>4680</b>	<b>500</b>	<b>690</b>	<b>120</b>	
			<b>TOTAL</b>	<b>5990 m<sup>2</sup></b>	

Cuadro 8. Área total de invernaderos en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, por beneficiario y tipo de financiamiento (fuente: elaboración propia).

Beneficiario	Tipo financiamiento			TOTAL
	INDER Seg-Alim	Convenio INDER-ITCR	Propio u otro	
Asociación de Mujeres Organizadas de Nueva Cinchona (AMONCI)		360	480	840
Asociación de trabajadores hidropónicos de Cubujuquí	170	450		620
ITCR-CTLSC		150	300	450
Escuela Carrizal Río Cuarto		420		420
Escuela Sn Fco de Peñas Blancas		300	360	660
CTP Sta Rosa Pocosol		450	300	750
Asociación Adultos Venecia		300		300
Gregorio Campos Bolaños	360			360
Lorena Vargas Arce	150			150
Familia Castillo Maroto	510			510
Juan Diego López			150	150
Yojamar	180			180
Arenal Vida Campesina			300	300
Col. Santa Clara y ETAI*			300	300
			<b>TOTAL</b>	<b>5990 m<sup>2</sup></b>



Posterior al tabulado de la información inicial, se procede con la información concerniente al inventario de insumos con que se cuenta para el desarrollo del cultivo, en la “pestaña” correspondiente se digita el nombre del producto, la cantidad comprada, la unidad de medición o de consumo (gramos o cc por ejemplo), y el precio unitario (Figura 23)

Producto	Tipo Producto	Unidad	Cantidad Comprada	Costo compra	Costo/Unidad	Fecha	Proveedor	# de factura	Disponible	Unidad
Cosmo in	Adher.	CC	1000	e\$ 229.00	e\$ 23				1000.00	CC
Kasumin	Bact.	CC	1000	e\$ 10 171.00	e\$ 10.17				1000.00	CC
Iloil	Bact.	CC	1000	e\$ 11 666.00	e\$ 11.67				1000.00	CC
Trichoderma	Ctr.Biol	cc	12000	e\$ 15 000.00	e\$ 1.25				12000.00	cc
Acido Bórico	Fert.	Grs.	1000	e\$ 584.00	e\$ 0.58				1000.00	Grs.
Acido Fosforico	Fert.	Litro	1	e\$ 235.00	e\$ 235.00				1.00	Litro
Nutrex menores	Fert.	Grs.	1000	e\$ 2 291.00	e\$ 2.29				1000.00	Grs.
Nitrato de Calcio	Fert.	Grs.	25000	e\$ 12 868.00	e\$ 0.51				25000.00	Grs.
Nitrato de Potasio	Fert.	Grs.	25000	e\$ 24 945.00	e\$ 1.00				25000.00	Grs.
Fosfatomonoposico	Fert.	Grs.	25000	e\$ 25 527.00	e\$ 1.02				25000.00	Grs.
Sulfato de Magnesio	Fert.	Grs.	25000	e\$ 3 252.00	e\$ 0.13				25000.00	Grs.
Sulfato de Potasio	Fert.	Grs.	25000	e\$ 15 200.00	e\$ 0.61				25000.00	Grs.
Kasustin	Fert.	CC	1000	e\$ 17 784.00	e\$ 17.78				1000.00	CC
Jabón en polvo	Insect.	Grs.	1000	e\$ 5 000.00	e\$ 5.00				1000.00	Grs.
Confidor	Insect.	Grs.	52	e\$ 9 234.00	e\$ 177.58				52.00	Grs.
Abamectina/vertemec	Insect.	CC	1000	e\$ 490.00	e\$ 0.49				1000.00	CC
Dipef	Insect.	Grs.	500	e\$ 9 050.00	e\$ 18.10				500.00	Grs.
Plantas	Plantas	planta	300	e\$ 17 500.00	e\$ 58.33				300.00	planta
rally	Fung	Grs.	30	e\$ 250.00	e\$ 208.33				30.00	Grs.
ecogreen	Fert.	Grs.	1000	e\$ 10 000.00	e\$ 10.00				1000.00	Grs.
spitor	Insect.	CC	150	e\$ 15 000.00	e\$ 100.00				150.00	CC
metalosato de Potasio	Fert.	CC	1000	e\$ 12 000.00	e\$ 12.00				1000.00	CC
									0.00	

Figura 23. Ejemplo de “pestaña” de inventario de insumos en la hoja de Excel para tabular la información de gastos y costos por insumos durante el desarrollo de un ciclo productivo de los cultivos en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (fuente: elaboración propia).

Una vez completa esta información básica, se procede de manera semanal a tabular la información en las pestañas correspondientes a “control de insumos”, “control de mano de obra” y “control de ventas”, esta alimenta a otras “pestañas” que resumen o indican parámetros a ser considerados para la toma de decisiones durante el desarrollo del cultivo, en la figura 24 se muestra la pestaña de “control de insumos” que se llena semanalmente al igual que las otras dos de mano de obra y de ventas

Figura 24. Ejemplo de “pestaña” de control de insumos en la hoja de Excel para tabular la información de gastos y costos por insumos durante el desarrollo de un ciclo productivo de los cultivos en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (fuente: elaboración propia).

La información de estas últimas tres “pestañas” se ve resumida en la pestaña “costos versus ventas”, en la que se indica el costo correspondiente a la mano de obra, los insumos y los ingresos por venta, también proporciona información de la productividad por planta y del costo de producción de cada unidad y la eventual ganancia.

Por último, se desarrolló una pestaña denominada “gráficos” que recopila la información de ventas y de gastos, se tabula para ser graficada en una figura que muestra la relación de costos versus ingresos, donde se puede apreciar claramente el “punto de equilibrio” el cual es determinante para dar seguimiento al cultivo y su rentabilidad (Figura 25)

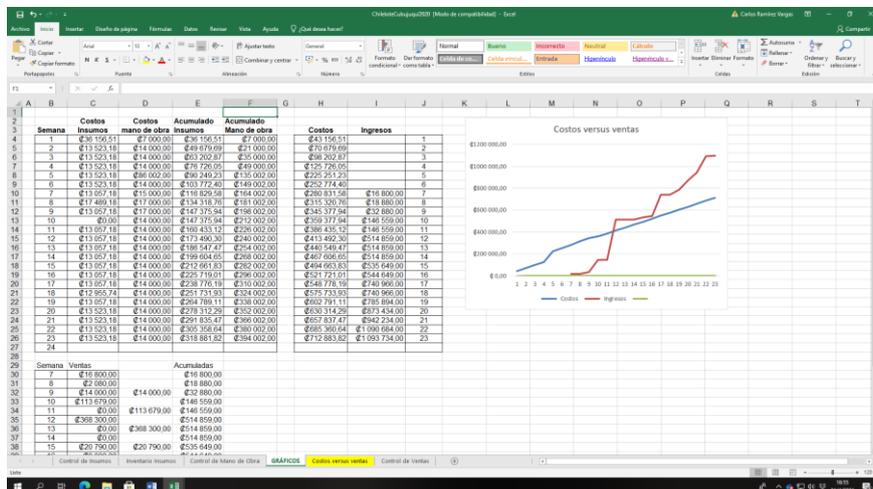


Figura 25. Ejemplo de “pestaña” de gráficos en la hoja de Excel para tabular la información de gastos y costos por insumos durante el desarrollo de un ciclo productivo de los cultivos en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (fuente: elaboración propia).

Se logró determinar con esta metodología dos indicadores económicos importantes para valorar el ciclo de cultivo y poder tomar decisiones, uno es el punto de equilibrio donde los costos igualan a los ingresos y también la relación costo/beneficio. Toda esta información permitió determinar, para algunos cultivos como el chile dulce, la duración del ciclo ideal para no caer en pérdidas económicas, poder planificar las siembras y estimar una curva de producción base para proyectar producción y ventas a futuro.

Por ejemplo, el punto de equilibrio para el cultivo de chile dulce en ambiente protegido es de aproximadamente 3420 colones por planta alcanzado a las 21 semanas después del trasplante, y la mayor relación costo/beneficio se alcanzó a las 27 semanas, luego de las cuales la curva se mantiene un tanto descendente (Figuras 26 y 27). Esta información ayudó a decidir si a partir de esa edad del cultivo es mejor concluir con el ciclo o no, dependiendo de otros factores como lo son el precio del mercado y el estado de las plantas.

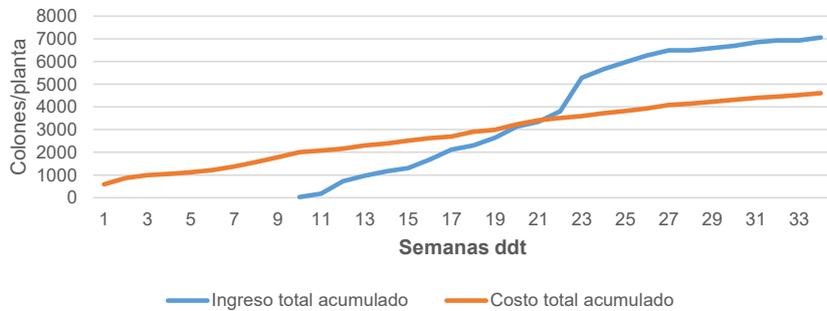


Figura 26. Comportamiento de ingresos y costos del cultivo de chile dulce (cultivar 4215) bajo ambiente protegido en invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Fuente: Madriz-Arrieta, 2019).

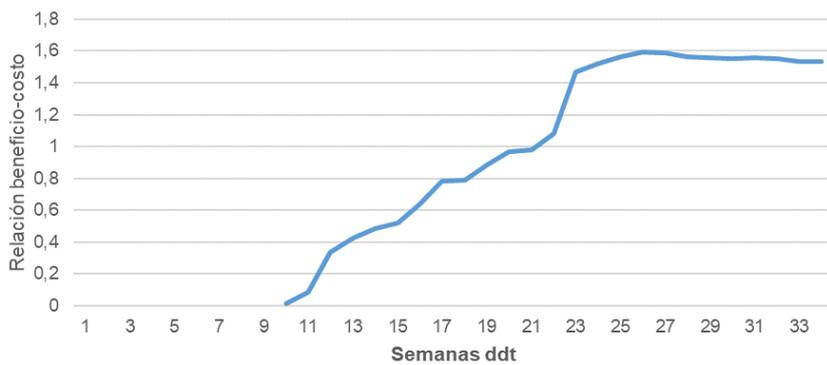


Figura 27. Relación costo/beneficio para el cultivo de chile dulce (cultivar 4215) bajo ambiente protegido en invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (Fuente: Madriz-Arrieta, 2019).

Otro uso de la información económica es la elaboración de un flujo de caja, este se puede estimar a un plazo de 10 años pensando en la sostenibilidad del proyecto y la depreciación de las estructuras (Cuadro 9).

Cuadro 9. Elaboración de Flujo de caja a 10 años del Proyecto de la Asociación de Mujeres Organizadas de Nueva Cinchona (AMONCI) para el proyecto Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (en millones de colones), (Elaboración: Alfredo Alfaro)

Descripción	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		5,4	5,67	5,95	6,25	6,56	6,89	7,23	7,60	7,98	8,37
Costos de producción		3,6	3,78	3,96	4,16	4,37	4,59	4,82	0,56	0,53	5,58
Depreciación		15,85	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
Total de salidas		5,18	5,36	5,55	5,75	5,96	6,18	6,41	6,65	6,90	7,17
Utilidad neta		0,21	0,30	0,39	4,98	6,03	7,12	0,83	0,95	1,07	1,21
Depreciación		1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
Flujo neto de efectivo	15,85	1,8	1,89	1,98	2,08	2,19	2,30	2,41	2,53	2,66	2,79

**Comentado [STP1]:** El tamaño del cuadro se sale de los márgenes, se recomienda ajustarlo. Como recomendación se podría utilizar como referencia (escala) los millones en lugar de escribir todo el dato. Por ejemplo en los ingresos de primer año son 5400000, tal vez se puede escribir 5,4 e indicar que la escala es de millones.

#### 4.5. Registro de información técnico-agronómica

En seis de las localidades de influencia de la RHP-RHN, se instalaron instrumentos de medición de variables ambientales tanto a lo externo como a lo interno de los invernaderos, de éstos se recopilaban datos de variables ambientales (Cuadros 10 y 11), La recolección y registro de esta información la llevó a cabo cada productor, con la ayuda de tales instrumentos, para lo cual se le capacitó como leer los datos de manera diaria.

Cuadro 10. Comportamiento de variables ambientales externas en algunas localidades de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte.

Localidad	Temp (°C)			HR (%)			Intensidad lumínica (Lux)		
	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med
Pital de San Carlos	33	19	27	95	65	87	68000	5	15000
San Francisco de Peñas Blancas, San Ramón	32	15	26	90	60	80	71000	4	17590
Nueva cinchona, Alajuela	29.5	12	24	96	60	80	65000	4	15000
Santa Rosa de Pocosol, San Carlos	34	18	27	96	59	85	70000	5	16500
Santa Clara, Florencia de San Carlos	32	19.3	25.2	94	69	77	71000	4	17450
Carrizal de Río Cuarto	30	15	24	95	60	82	65000	4	15400

Max= máxima

Min= mínima

Media= media

Cuadro 11. Comportamiento de variables ambientales internas de los invernaderos en algunas localidades de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte.

Localidad	Temp (°C)			HR (%)			Intensidad lumínica (Lux)		
	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med
Pital de San Carlos	42	18.5	27	94	26	71	33000	4	8560
San Francisco de Peñas Blancas, San Ramón	41	18	26	93	25	70	32280	3.9	9804
Nueva cinchona, Alajuela	36	11	25	95	25	75	25000	5	7890
Santa Rosa de Pocosal, San Carlos	46	14	29	96	32	65	33000	5	8620
Santa Clara, Florencia de San Carlos	44	16	30	90	31	63	33500	5	9652
Carrizal de Río Cuarto	39	15	25	95	32	65	31245	4.5	8652

Max= máxima Min= mínima Med= media

Con la información de las variables ambientales en el interior del invernadero se pudo conocer sus variaciones, un factor identificado como problemático es la temperatura, que presentó máximos superiores a los 40 grados celsius, tomando en cuenta ese comportamiento ambiental se desarrolló un trabajo de investigación a modo de tesis de licenciatura con un estudiante de la carrera de Ingeniería en electrónica del ITCR-CTLSC. Donde se evaluó en un invernadero de la RHP-RHN, el uso de un dispositivo, que consistió de microaspersores que se activaron para humedecer la parte alta de la estructura en miras a disminuir la temperatura, y se obtuvieron resultados promisorios, como la reducción de temperaturas máximas superiores de 40 celsius a 37 celsius.

Otro tipo de información importante que se determinó fue la presencia de plagas, se capacitó a los productores sobre el uso de la lupa, para identificar los principales síntomas y daños causados por diferentes agentes causales. En tal caso el registro lo llevaba el propio productor, y con ayuda de fotografías enviadas por teléfono u otro medio, se podía recomendar algún método de control, también se aprovechaban las visitas regulares para llevar a cabo la inspección fitosanitaria de

los cultivos. Los problemas más recurrentes en los invernaderos de la RHP-RHN se resumen en el cuadro 12.

Cuadro 12. Plagas más comunes presentes en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica.

Tipo de Plaga	Nombre científico	Nombre común
Artrópodo (ácaro)	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	Ácaro blanco
Artrópodo (insecto)	<i>Liriomyza hidobrensis</i>	Minador de la hoja
Artrópodo (insecto)	<i>Spodoptera latifascia</i>	Gusano cortador
Artrópodo (insecto)	<i>Bemisia tabaci</i>	Mosca blanca
Artrópodo (insecto)	<i>Myzus persicae</i>	Pulgón o áfido
Hongo	<i>Cercospora capsici</i>	“Ojo de pájaro”
Hongo	<i>Leveillula taurica</i>	Mildio polvoso
Hongo	<i>Botrytis cinerea</i>	Moho gris
Bacteria	<i>Ralstonia solanacearum</i>	Marchitez bacteriana
Bacteria	<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	Mancha bacterial

La recolección de la información se hizo con una libreta de campo que se le entregó al productor, en esta se anotan las fechas de detección de algunos de los problemas fitosanitarios y su incidencia, se les capacitó sobre los diferentes problemas fitosanitarios potenciales a presentarse en los cultivos de los invernaderos, y con base en esa información monitoreada se recomendaba alguna práctica de control si fuese necesaria. Esta información, junto con la información de gastos de insumos y mano de obra, permite determinar la viabilidad económica de llevar a cabo una práctica de control o no para determinado problema fitosanitario.

#### 4.6. Producción y comercialización de las hortalizas

Como se indicó en la metodología el proceso productivo se llevó a cabo en diferentes actividades que se describirán a continuación:

-*Trasplante*: Las plántulas para el trasplante fueron contratadas a invernaderos especializados en producción de plántulas, sobre todo para el caso de los cultivos de chile dulce y tomate. Para el cultivo de lechuga, se dio una capacitación a los productores de cómo hacer su almácigo, ya que cada semana con la cosecha se

debía reponer la población de plantas de manera inmediata con almácigos, para esto las siembras de las semillas se hacía semanal. Para el caso del culantro, se determinó en diferentes invernaderos que lo mejor fue la siembra directa.

Los cultivares de los diferentes cultivos utilizados en los invernaderos de la RHP-RHN se describen en el cuadro 13.

Cuadro 13. Descripción de especies de hortalizas sembradas en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica.

<b>Cultivo</b>	<b>Especie</b>	<b>Cultivar</b>	<b>Casa comercial</b>	<b>País de origen</b>
Chile dulce	<i>Capsicum annum</i>	SV4215PH	Seminis	India
Chile dulce	<i>Capsicum annum</i>	Nathalie	Syngenta sedes	Estados Unidos
Chile dulce	<i>Capsicum annum</i>	Dulcitico	EEFBM, UCR	Costa Rica
Lechuga americana	<i>Lactuca sativa</i>	Sementel	Bejo seeds	Holanda
Tomate	<i>Lycopersicon sculentum</i>	Lyro 57	Rikh Zwann	Holanda
Tomate	<i>Lycopersicon sculentum</i>	JR	Hazera	Israel
Culantro castilla	<i>Coriandrum sativum</i>	Caribe	Bejo seeds	Holanda

El proceso de trasplante es sencillo, pero previo a este, las raíces de las plántulas fueron sumergidas en una suspensión del hongo biocontrolador y estimulante del crecimiento *Trichoderma* sp. para su protección radical.

Para el caso de plántulas de chile dulce y tomate, que fueron trasplantadas en los contenedores con sustrato (sistema hidropónico abierto), se debió humedecer el mismo con agua de riego que contenía la solución nutritiva completa, antes del trasplante se procedió a conectar el riego de manera manual y se hizo el aforo de los goteros, este consistió de medir el caudal de los mismos en diferentes partes del invernadero y ajustar la descarga de la bomba para que el riego sea uniforme, una vez llevado a cabo el aforo y ajustado el caudal, se procedió al trasplante.

En el caso del sistema NFT (hidropónico cerrado), el trasplante nada más consistió en colocar las plántulas en las canastillas desocupadas ubicadas en la tubería de PVC de 3 pulgadas de diámetro.

*-Fertirriego y Preparación de la solución nutritiva completa:* Como el tanque de riego se llena con solución nutritiva completa, esta debe ser preparada antes de activar el riego, y debe repetirse cada vez que el tanque se vacía. Las soluciones nutritivas utilizadas fueron básicamente dos, la solución universal de Steiner (1984) y la de Hoagland y Arnon (1950) (Cuadros 14 y 15), la primera se ha utilizado con éxito en el cultivo de chile dulce y tomate y la segunda en lechuga y culantro (Rojas y Paniagua, 2015; Lizano-Astorga, 2020). La aplicación de los riegos fue programada con el temporizador a razón de 36 arranques diarios espaciados cada 20 minutos en el sistema de cultivo hidropónico abierto

Cuadro 14. Cantidad de sales fertilizantes necesarias para preparar un volumen de 1000 litros de la solución nutritiva universal de Steiner (1984) con una conductividad eléctrica de 2 mS/cm, utilizada en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica.

Sal mineral	Equivalentes (eq)	Peso molar (g/mol)	Valencia química (eq/mol)	Peso equivalente (g/eq)	Cantidad (g)
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	10	164	2	82	820
MgSO <sub>4</sub> * 7 H <sub>2</sub> O	3	246,5	2	123,3	758,3
KNO <sub>3</sub>	5	101,0	1	101,0	505,0
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2	136,1	1	136,1	272,2

Cuadro 15. Cantidad de sales fertilizantes necesarias para preparar un volumen de 1000 litros de la solución nutritiva de Hoagland y Arnon (1950) con una conductividad eléctrica de 2 mS/cm. Utilizada en los invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica.

Sal mineral	Equivalentes (eq)	Peso molar (g/mol)	Valencia química (eq/mol)	Peso equivalente (g/eq)	Cantidad (g)
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	8	164	2	82	656
MgSO <sub>4</sub> * 7 H <sub>2</sub> O	4	246,5	2	123,3	1063,6
KNO <sub>3</sub>	6	101,0	1	101,0	637,5,1
(NH <sub>4</sub> )H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1	115,0	1	115,0	120,9

*-Tutorado y poda de las plantas cultivo:* En los cultivos de chile dulce y tomate se hace necesario el tutorado de las plantas, en estos dos cultivos se seleccionan un

número de guías o tallos principales que se están amarrando con mecate de “piola” o hilo de tutorado con el objetivo de que la planta crezca más de manera vertical, lo que permite una mejor aireación y distribución de asimilados de las hojas y tallos a los frutos, en el caso del tomate se dejan únicamente dos guías y se podan de manera sistemática los brotes laterales (chupones) que salen de cada hoja. Para el chile dulce, que es un cultivo que presenta una marcada dicotomía, se dejan de 3 a 6 guías y se podan los tallos terciarios que salen de la base de cada hoja, siempre y cuando haya cuajado y amarrado el fruto correspondiente a tal hoja. El tutorado y poda de las plantas es un proceso constante y no se debe dejar acumular ni postergar, ya que los tallos secundarios o terciarios que corresponden podar pueden crecer de manera muy rápida, complicando su poda y compitiendo con el fruto cercano (Figuras 28 y 29)



Figura 28. Tallo de una planta de tomate donde se llevó a cabo la poda del brote lateral (chupón) en la base de la hoja (foto: Carlos Ramírez Vargas).



Figura 29. Producción de plantas de chile dulce sometidas a poda de tallos terciarios en invernaderos de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (foto: Carlos Ramírez Vargas).

*-Aplicación foliar de complementos nutricionales y fitosanitarios:* La aplicación de este tipo de productos se lleva a cabo según monitoreo de crecimiento y desarrollo de las plantas, así como de la presencia de plagas y enfermedades. Este proceso de monitoreo debe llevarse a cabo todos los días, ya que un problema fitosanitario en cultivos hortícolas debe atenderse con rapidez, generalmente se aplican de diferentes formas según sea el tipo de producto o el problema a abordar, por ejemplo, las aplicaciones foliares se llevan a cabo con una bomba de aspersión, pero si se trata de un producto para protección de la raíz casi siempre se aplica con regadera. En ambos casos se pueden utilizar coadyudantes no iónicos para no interferir con la solución nutritiva, y se aprovecha la oportunidad para aplicar algún suplemento foliar si se ha detectado alguna deficiencia nutricional. Una de las prácticas de manejo adoptadas por la RHP-RHN fue el mínimo uso de plaguicidas químicos y maximización del uso de controladores biológicos, o productos de carácter preventivo como algunos de origen botánico. Además de hacer aplicaciones basadas en monitoreos, se utilizaron solamente productos con un bajo impacto para la salud humana y de baja persistencia o período de carencia.

En el cuadro 16 se indican los productos fitosanitarios utilizados en la producción de hortalizas dentro de la RHP-RHN.

Cuadro 16. Productos de uso fitosanitario utilizados en la producción de hortalizas de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica

<b>Nombre(s) comercial(es)</b>	<b>Nombre genérico</b>	<b>Tipo producto</b>	<b>Problema fitosanitario para que se usa</b>
Hiena, Vertimec, Acaramix, Verlaq	Abamectina	Insecticida-acaricida	-Ácaro blanco ( <i>Polyphagotarsonemus latus</i> ) -Minador de la hoja ( <i>Lyriomiza hidobrensis</i> )
Trichoderma	<i>Trichoderma harzianum</i>	Control biológico	Patógenos fungosos que atacan la raíz, y preventivo de hongos a nivel foliar
Isarín	<i>Isaria fumosorosea</i>	Control biológico	-Mosca Blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> )
Spintor	Spinosad	Insecticida de origen botánico	-Gusanos de lepidóptera
Dipel	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Insecticida de origen biológico	Gusanos de lepidóptera
Actinel	<i>Streptomyces sp</i>	Bactericida de origen biológico	-Malla bacteriana ( <i>Ralstonia solanacearum</i> ) - <i>Xanthomonas vesicatoria</i>
Kilol	Extracto de semillas cítricas	Bactericida de origen botánico	-Malla bacteriana ( <i>Ralstonia solanacearum</i> ) - <i>Xanthomonas vesicatoria</i>
Kasumin	<i>Kasugamicina</i>	Bactericida antibiótico	-Malla bacteriana ( <i>Ralstonia solanacearum</i> ) - <i>Xanthomonas vesicatoria</i>

*-Cosecha, selección por calidad, empaçado y comercialización:* El período de cosecha varía según el cultivo, en el caso del culantro y la lechuga, se cosecha la planta completa, y el periodo de desarrollo de estos es de aproximadamente cuatro semanas. En el caso del tomate y chile dulce, estos tienen un ciclo de cultivo similar, de aproximadamente cinco meses, esto depende del grado de desarrollo y de su estado fitosanitario, en ambos cultivos la cosecha inicia a los dos meses u ocho semanas después del trasplante. Para chile dulce el punto o índice de cosecha es el inicio del viraje de color del fruto de verde a rojo, el tomate es similar (Figura 30), cuando los frutos empiezan a cambiar de color se pueden cosechar, sin embargo se ha determinado que si se cosecha tomate lo más rojo posible, su calidad organoléptica es mejor que si se cosecha apenas virando al color rojo, pero por razones de vida poscosecha es conveniente cosecharlo apenas virando al color rojo, luego termina de virar al rojo sin mayor detrimento de su apariencia.



Figura 30. Índice de cosecha ideal para el cultivo de tomate y chile dulce de plantas cultivadas en ambiente protegido hidropónico en la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (foto: Carlos Ramírez Vargas).

En cuanto a la comercialización de las hortalizas, se promovió que fuera lo más local posible, así evitar intermediarios y que el consumo de las hortalizas fuera

lo más fresco posible para el consumidor final, se hizo una diferenciación del producto en el momento de venta, siempre se le indicó al cliente su origen y forma de producción. En algunos casos el producto se empacó en bolsa o se vendió de manera suelta, para las lechugas y el culantro siempre se utilizó una bolsa con orificios, para el chile y el tomate se trató en la medida de lo posible la utilización de una bolsa plástica similar, esto con el objetivo de vender siempre una unidad completa de peso de 0,5 a 1 kilogramo en el caso del tomate y de una bolsa de cuatro a cinco unidades en el caso del chile dulce. Siempre se utilizó un “sticker” que indica que es un producto de la RHP-RHN y el contacto del invernadero donde fue producido (Figura 31), lo cual resultó importante para efectos de venta diferenciada.



Figura 31. Ejemplo de empaque para chile dulce producido en los invernaderos de la Red de Horticultura protegida de la Región Huetar norte con el “sticker” identificador del origen y su contacto.

A la fecha cada uno de los productores se ha encargado de la comercialización que ha sido predominantemente a nivel de su localidad; sin embargo, se propuso a nivel de la RHP-RHN, la conformación de un departamento de mercadeo y logística como parte del plan operativo de la RHP-RHN para el 2020-2021, que se encargue de la programación de siembra y mercadeo de la cosecha,

la cual debe ser diferenciada y etiquetada utilizando el identificador de la red o logotipo (Figuras 32, 33 y 34)



Figura 32. Logotipo de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (fuente: elaboración propia).



Figura 33. Logotipo de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte con los logotipos de las instituciones participantes en el proyecto, Costa Rica (fuente: elaboración propia).



Figura 34. Cartel identificatorio de todos los proyectos de la Red de Horticultura protegida de la Región Huetar Norte, Costa Rica (foto: Carlos Ramírez Vargas).

Al inicio del proyecto se planteó una idea de producto que se denominó la “caja hortícola”, esta consistió de un paquete surtido de hortalizas que se ofreció al público, donde se incluían todas las hortalizas producidas en los invernaderos de la RHP-RHN, la “caja hortícola” estaba constituida de 2 kilogramos de tomate, 6 chiles dulces, cuarto rollos de culantro y cuatro lechugas, sin embargo se manejó la variante de la mitad del contenido para aquellos consumidores que requirieran menos hortalizas, sin embargo, la “caja” se ofreció en todas las localidades y no tuvo éxito, debido a que el cliente prefirió llevar lo que necesita y no condicionarse a un paquete de productos, en cuanto al precio, esta era un 10% menor que si comprara las hortalizas por separado, aun así, los clientes prefirieron comprar por separado los diferentes productos y no en un paquete como se pretendió ofrecer con la “caja hortícola”, por tal razón la idea se descartó de momento y se siguió vendiendo al menudeo tal como se venía llevando a cabo.

A lo largo del desarrollo del proyecto se llevó registro de la productividad de los invernaderos y sus ventas, este fue un tanto dificultoso debido a la falta de cultura empresarial de muchos de los miembros, sin embargo, con la herramienta de la hoja de Excel (antes descrita), fue posible estimar los datos de producción promedio y la capacidad productiva que tienen por año considerando la duración de los ciclos de cultivo de las diferentes hortalizas. Se pudo determinar la producción promedio para

cada uno de los invernaderos según producto, y lo que se ha podido producir según la capacidad instalada de cada uno según localidad, tal información se presenta en los cuadros 17, 18, 19 y 20 para cada uno de los cuatro cultivos desarrollados.

Cuadro 17. Datos de producción para el cultivo de chile dulce (*Capsicum annuum*) de la Red de Horticultura protegida del al Región Huetar norte según localidad y su capacidad instalada.

Localidad	Productividad promedio frutos por planta	No. de ciclos por año	No. De plantas por ciclo	Producción frutos/año
Nueva Cinchona	65	2,5	250	40625
Asoc. Cubujuquí	50	2,5	150	18750
Carrizal Río Cuarto	37	2,5	150	13875
Sn Fco Peñas Blancas	40	3	120	14400
CTP Sta Rosa Pocosol	40	2,5	200	20000
Asoc Adultos Venecia	35	2,5	250	21875
Gregorio Campos Bolaños	45	2,5	160	18000
Lorena Vargas Arce	50	2,5	200	25000
Familia Castillo Maroto	48	3	130	18720
Juan Diego López	40	2,5	200	20000
Yojamar	40	2,5	200	20000
Arenal Vida Campesina	37	2	150	11100
CTP Santa Clara y ETAI	35	2,5	150	13125

Cuadro 18. Datos de producción para el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*) de la Red de Horticultura protegida del al Región Huetar norte según localidad y su capacidad instalada.

Localidad	Productividad promedio Kgrs. por planta	No. de ciclos por año	No. De plantas por ciclo	Producción Kgrs/año
Sn Fco Peñas Blancas	5	3	100	1500
CTP Sta Rosa Pocosol	6	2,5	120	1800
Gregorio Campos Bolaños	4,5	2,5	100	1125
Lorena Vargas Arce	6	2,5	30	450
Familia Castillo Maroto	4	3	100	1200

Cuadro 19. Datos de producción para el cultivo de lechuga (*Lactuca sativum*) de la Red de Horticultura protegida del al Región Huetar norte según localidad y su capacidad instalada.

Localidad	promedio lechugas/semana	No. semanas por año	No. lechugas por año
Nueva Cinchona	100	50	5000
Asoc. Cubujuquí	200	50	10000
Carrizal Río Cuarto	200	45	9000
Sn Fco Peñas Blancas	250	45	11250
CTP Sta Rosa Pocosol	150	45	6750
Asoc Adultos Venecia	200	50	10000
Familia Castillo Maroto	120	50	6000
Arenal Vida Campesina	700	50	35000

Cuadro 20. Datos de producción para el cultivo de culantro (*Coriandrum officinalis*) de la Red de Horticultura protegida del al Región Huetar norte según localidad y su capacidad instalada.

Localidad	promedio rollos/semana	No. semanas por año	No. Rollos por año
Nueva Cinchona	100	50	5000
Asoc. Cubujuquí	200	50	10000
Carrizal Río Cuarto	100	45	4500
Sn Fco Peñas Blancas	100	45	4500
CTP Sta Rosa Pocosol	50	45	2250
Asoc Adultos Venecia	50	50	2500
Familia Castillo Maroto	50	50	2500
Arenal Vida Campesina	300	50	15000

Respecto a los precios de venta de las hortalizas, se tomó siempre como base los reportados por el PIMA-CENADA según plaza que se lleva a cabo tres veces por semana en ese mercado de mayoreo, tales datos se consultaron en la página <http://www.pima.go.cr/boletin/> o mediante mensaje de texto al número 2476. Debido a que la RHN no es productora tradicional de hortalizas, mucho de las hortalizas que consume provienen del valle central, son compradas en el mercado CENADA y el precio de venta en la región incluye el costo de transporte y distribución, por esta razón casi nunca el precio de venta final de las hortalizas al consumidor final es el reportado en el boletín de PIMA-CENADA, esta situación resultó a veces ventajosa para los productores de la RHP-RHN ya que como la producción y venta es local, no hay un costo alto de transporte y el producto es más fresco, y se puede vender a un precio similar al ofrecido por los intermediarios que

compran las hortalizas en el mercado de CENADA, sin embargo, los precios en este mercado fluctúan mucho y la oferta de producto en la RHN es muchas veces bastante alta, por lo que la ventaja mencionada es relativa y la ganancia final de los productores depende mucho del control minucioso de los gastos.

Durante los años 2016 al 2019, se determinó el costo promedio de producción para las cuatro hortalizas producidas por la RHP-RHN, este incluye el costo de insumos y la mano de obra, así como la depreciación de la estructura de cultivo, obviamente el costo de los insumos y mano de obra puede variar, por lo que los datos presentados en el cuadro 21 están sujetos a las condiciones particulares de ese período.

Cuadro 21. Precios de venta y costo de producción de hortalizas producidas en invernaderos de la RHP-RHN durante los años 2016-2019 en colones.

Producto	Unidad de venta	Precio máximo de venta por unidad	Precio mínimo de venta por unidad	Precio promedio de venta por unidad	Costo promedio de producción por unidad
Chile dulce	Fruto	350	80	150	85
Tomate	Kilogramo	2300	400	1600	600
Culantro	Rollo	350	100	200	75
Lechuga	Planta completa	450	200	300	100

Fuente: elaboración propia

#### 4.7 Desarrollo de una página Web para a Red de Horticultura protegida de la Región Huetar Norte

Se desarrolló una página web del proyecto dentro del sitio principal del ITCR ([www.tec.ac.cr](http://www.tec.ac.cr)), la información incluida es básica en cuanto a los grupos participantes y sobre el proyecto propiamente, incluye también contactos y algunos videos. El link para poder entrar a tal página es el siguiente:

<https://www.tec.ac.cr/proyectos/red-horticultura-prottegida-region-huetar-norte#:~:text=La%20Red%20de%20Horticultura%20Prottegida,Huetar%20Norte%20de%20Costa%20Rica>.

El objetivo original de la página era facilitar la comunicación entre los integrantes de la RHP-RHN y poder compartir información para que todos tuvieran acceso; sin embargo, con el uso de la aplicación “WhatsApp” se ha hecho uso de esta para tener un grupo o chat donde se han incluido a todos, y así se ha facilitado la comunicación. Se está proponiendo utilizar un etiquetado en los productos que incluya un código QR que dirija a la página de la RHP-RHN y así el usuario se entere de cómo y quiénes producen las hortalizas que están consumiendo.

## **5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Durante el proceso de capacitación se encontraron aciertos e inconvenientes, uno de los aciertos más importantes fue la incorporación de participantes con diferente nivel de escolaridad, esto permitió la ayuda entre ellos mismos, en muchos casos se ayudaban entre sí para entender un concepto o una práctica y se daba un nivel importante de retroalimentación de los conocimientos que facilitaba el proceso de aprendizaje. Se da entonces un proceso de colaboración participativa, lo cual ayudó al empoderamiento de los conocimientos y de la red como un consorcio colaborativo.

Se encontraron inconvenientes en el proceso de capacitación, sobre todo a la hora de hacer la capacitación “in situ”, a ese nivel se trató de aplicar el concepto de “aprender haciendo” y un inconveniente fue que no todos los involucrados siempre participaban del proceso de capacitación, por lo que, a la hora de llevar a cabo una actividad, y no se encontraba la persona capacitada, no se realizaba de la manera indicada. Eso fue un inconveniente más que todo de tipo organizativo por parte de cada grupo productor, y en eso se insistió, para que en el momento de las visitas de los extensionistas del ITCR estuvieran todas las personas involucradas en el proceso productivo.

Los tópicos seleccionados para el aprendizaje muchas veces fueron sugeridos por los mismos productores, como por ejemplo el uso de control biológico

y de agroquímicos, igualmente se sugerían repetir o ahondar en temas de interés o poco entendidos en las capacitaciones anteriores.

El diseño agronómico de las estructuras de cultivo para la RHN, fue un reto que se venía gestando desde el 2008 con el proyecto “Horticultura protegida en tres zonas agroecológicas de Costa Rica”, en ese proyecto ya se había propuesto un diseño base considerando las condiciones climáticas de la región, pero había que incluir aspectos de tipo práctico, como lo son la disponibilidad de materiales y su dimensión, así como el costo final de su construcción. El diseño aplicado en las construcciones de todos los invernaderos de la RHP-RHN, puede ser mejorado, pero más que todo en equipamiento interno para el manejo ambiental, lo importante es que el diseño base permite facilitar el movimiento del aire interno, el cual podría llevarse a cabo con tecnologías de movilización del aire como lo son los ventiladores desestratificadores y con microaspersión.

La construcción de los invernaderos utilizando el modelo modular y desarmable, permitió un ensamblaje relativamente rápido a nivel de campo, con poca dependencia de herramientas complejas como lo son las soldadoras y cortadoras de metal. La ventaja de ser un modelo desarmable y modular, es que permite en caso de tener que movilizar la estructura, esta sea posible de rearmar en otro sitio sin problema, ya que no hay que recurrir a cortar estructuras, y en caso de ampliaciones solamente se sigue el mismo diseño extendido a lo largo o a los lados como se indica en la figura 5.

Contar con financiamiento externo por parte de otras instituciones como el ICE y el INDER, hizo posible ampliar la capacidad productiva de los productores, y aplicar una tecnología de producción conjunta, cuyo resultado es la implementación tecnológica de un sistema productivo completo, lo que hace que los participantes tengan muchos puntos en común y eso contribuye al reforzamiento de la RHP-RHN, su empoderamiento e identificación.

Definitivamente la colaboración interinstitucional llevada a cabo en el proyecto permitió construir los invernaderos, y es un indicador de colaboración asertiva y posible entre instituciones, siempre y cuando exista voluntad de muchos tipos, desde política hasta práctica.

La implementación del sistema completo de cultivo de hortalizas bajo ambiente protegido, implicó la combinación de una serie de componentes que en muchos casos debe conocerse su funcionamiento y razón de ser en función del crecimiento y producción de los cultivos. La definición del sistema de cultivo ayudó a trabajar el proceso de acompañamiento, la gestión financiera y comercial, en función de una serie de principios que los productores interiorizaron en común, algunos de ellos son:

- Producción de hortalizas utilizando nutrición hidropónica sin uso de suelo
- Cosecha del agua de lluvia para ser usada en el riego
- Mínimo uso de plaguicidas químicos
- Maximización de uso de productos biológicos
- Monitoreo como práctica constante para toma de decisiones
- Producción y consumo local ("cero kilómetros")
- Autoempleo
- Colaboración entre los integrantes de la RHP-RHN

En la parte financiera, a los productores se les capacito en miras a ver su actividad como una empresa, pequeña o mediana, y cambiar el enfoque que aún persiste en los agricultores de ver su actividad como de subsistencia. Con el uso de invernaderos se dejó en evidencia la alta inversión llevada a cabo, lo cual implica un mayor cuidado de las finanzas y del proceso comercial, esto último se promovió que fuera de manera local, y se logró, pero falta aún un elemento importante de mercadeo lo cual es la diferenciación del producto, esto es que, se trata de una hortaliza producida hidropónicamente con mínimo uso de plaguicidas y de alta calidad e inocuidad.

Durante el proyecto se llevó a cabo todo el proceso productivo de las cuatro hortalizas seleccionadas, a lo largo de este, se mantuvo el acompañamiento técnico y financiero, siempre se hicieron de una a dos visitas semanales a todos los participantes, se visitó a todos los productores al menos una vez cada dos semanas, sin embargo, en aquellos que lo requirieran se les visitó con regularidad semanal. Durante esas visitas se llevaba a cabo la capacitación y también la inspección de las plantaciones y del invernadero, se contó siempre con transporte institucional del

ITCR durante los años del proyecto hasta el 2019, y se contó también con la colaboración del transporte por parte del ICE y del MAG agencia de Venecia.

El proyecto se vio favorecido por el financiamiento externo de parte del ICE y del INDER, en el caso de esta última institución, se logró un financiamiento lo suficientemente alto (cerca de 100 millones de colones), que contribuyó a la construcción de muchos de los invernaderos existentes en la RHP-RHN. Esto incrementó la capacidad instalada y productiva de cada participante, por lo tanto, hay que mejorar el mercadeo y visualizarlo de manera conjunta entre todos los participantes.

El registro de la información fue siempre complicado, sobre todo la información financiera, se diseñaron hojas de Excel para facilitar el proceso de recolección, pero muchos de los productores no cuentan con una computadora, por lo que hubo que recurrir al registro manual y envío por mensaje de texto por teléfono, eso dificultó tener la información a tiempo, y en muchos casos se analizó la información luego de finalizado el ciclo de cultivo. La información de tipo técnica el productor la llevó en una libreta a modo de bitácora, lo que facilitaba tomar decisiones de ese tipo, ya fuera por información transmitida por teléfono o en las visitas de acompañamiento. La comunicación con y entre los productores se mantuvo mucho a base del teléfono celular, ya últimamente se abrió un grupo de "WhatsApp", lo que facilitó mucho el proceso de comunicación, ya que la aplicación permite enviar fotos del estado del cultivo y compartir documentos.

El desarrollo de la página Web poco ayudó en el proceso comunicativo entre los productores, pero si puede constituirse en una herramienta de comunicación de las actividades y evolución de la RHP-RHN. Su uso potencial se ve como un link para el mercadeo diferenciado de los productos.

A modo de conclusión general sobre este proyecto de extensión universitaria, se podría decir que fue todo un éxito, ya que se logró la participación de productores de una región determinada como lo es la RHN, se logró incorporar a otras instituciones como el ICE, INDER y MAG lo que lo hizo un proyecto interinstitucional de impacto regional, además de la declaratoria de interés regional del proyecto por parte de la comisión regional de desarrollo (COREDES) . Se logró un importante

financiamiento externo, como lo fueron los 100 millones aportados por el INDER, se consolidó la RED como un grupo organizado que tiene un interés y proceso productivo común, y se logró transferir desde una institución universitaria como lo es el ITCR el conocimiento generado a través de la investigación, para ser aplicado y validado en un sistema de producción particular como lo es la horticultura protegida.

## **6. RECOMENDACIONES**

El ITCR-CTLSC debería continuar en actividades vinculadas a la RHP-RHN, esta vinculación más que comercial, debería ser de tipo tecnológica desarrollando investigación sobre el tópico de la horticultura protegida y transfiriéndola mediante actividades de extensión y educación continua.

La RHP-RHN debe comercializar sus productos de forma diferenciada, incluso dando valor agregado a las hortalizas, identificando su origen y garantizar la trazabilidad a través de empaque debidamente identificado que así lo permita.

La colaboración interinstitucional para financiamiento externo y transferencia tecnológica, debe mantenerse en la RHP-RHN, y liderada por el ITCR que fue su gestor.

El diseño de los invernaderos debía ser protegido de alguna manera, ya que es una creación propia institucional, que se le puede dar un estatus de modelo de utilidad para tener un aporte al sector productivo.

La agricultura protegida es una forma de tecnología de precisión, donde se implementan muchos tipos de dispositivos electrónicos que pueden ser realizados por profesionales de esa área, siempre y cuando se logre transmitir de manera correcta las necesidades del sistema productivo. Por lo tanto, la vinculación de una carrera de Agronomía con la de Ingeniería en electrónica puede ser estratégica en el desarrollo de conocimiento y su transferencia.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Se agradece de manera particular al Ing. Herbert Villalobos Soto de la oficina de Gestión Ambiental del ICE ubicada en Cariblanco de Sarapiquí de Alajuela. El esfuerzo puesto por este colega fue fundamental para la consecución de este proyecto, a través de su gestión se lograron identificar organizaciones y productores independientes que se unieron a la RHP-RHN al ver en este proyecto una alternativa productiva adaptada a sus necesidades. La labor del Ing. Villalobos fue siempre muy comprometida con el proyecto y nunca escatimó esfuerzos ni gestiones en pro de los participantes de la RHP-RHN, en muchas ocasiones hubo sacrificio y mostró lealtad a los compañeros y ha sido y será pieza fundamental en la RHP-RHN.

Al Instituto de Desarrollo Rural (INDER) oficina territorial San Carlos- Río Cuarto- Peñas Blancas, por el financiamiento otorgado al proyecto y su identificación con el mismo, en particular al Ing. Rolando Villalobos, la Ing. Dinia Campos y al Ing. Ricardo Rodríguez Bonilla, que a través de sus gestiones fue posible desarrollar un convenio específico entre el ITCR y el INDER para poder financiar la construcción de la infraestructura de cultivo para muchos de los participantes de la RHP-RHN.

A quien fuera el asistente del proyecto durante los años más críticos en la consecución de fondos, diseño y construcción de los invernaderos, el Ing. Javier Madriz Arrieta, quien se mantuvo leal y muy comprometido con la causa que representó este proyecto de extensión con todas sus particularidades que implica el trato con las personas y en especial tratándose de agricultores que desean aprender.

Al Ing. Roger Zúñiga y a la Ing. Lizbeth Sancho, quienes desde la agencia de extensión del MAG en Venecia de San Carlos, mostraron interés en el proyecto y se integraron activamente colaborando de manera muy profesional con los miembros del proyecto.

A la Escuela de Agronomía del ITCR-CTLSC, por creer en esta iniciativa de proyecto de extensión y colaborar a través del CIDASTH en todo trámite pertinente para facilitar el proceso de ejecución de los objetivos del proyecto

Un agradecimiento especial al personal del departamento financiero contable y de aprovisionamiento del Campus San Carlos, por su colaboración muy proactiva en la ejecución presupuestaria del proyecto, sobre todo cuando se integró el presupuesto otorgado por el INDER.

A la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del ITCR, quienes aprobaron la gestión inicial de este proyecto en el año 2014 y nos permitieron continuar en el hasta el 2019

Por último, el más grande agradecimiento a todos los integrantes de la Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte, por haber creído en nosotros y nunca desfallecer, productores independientes, instituciones de enseñanza y asociaciones, siempre mostraron un especial aprecio y respeto por las personas que estuvimos a cargo de la ejecución del proyecto y por su amistad la cual es el resultado más valioso de este proyecto.

## 8. REFERENCIAS

- Bastida-Tapia, A; Ramírez-Arias, J. 2002. Invernaderos en México: Diseño construcción y manejo: Serie de publicaciones Agribot, Chapingo, México 163 p.
- Castilla, N. 2005. Invernaderos de plástico: Tecnología y manejo. Madrid, España, Mundi-Prensa. 462 p.
- Gericke, WF. 1938. Crop production without soil. Nature 141: 536-540
- Hanan, J. 1998. Greenhouses: advanced technology for protected horticulture. Editorial CRC Press. Boca Raton, Florida. 684 p.
- Hoagland, D.; Arnon, D. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. Circular 347, Agricultural Experiment Station. University of California, Berkeley, California, U.S.
- Jones, J. 2005. Hydroponics: a practical guide for the soilless grower. 2 ed. Florida, CRC Press. 423 p.
- Lizano-Astorga, R. 2020. Cultivo hidropónico NFT de lechuga (*Lactuca sativa* L.: asteraceae) con diferentes cultivares, soluciones nutritivas y microorganismos benéficos en ambiente protegido en Santa Clara, San Carlos tesis lic. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 94 p.
- Madriz-Arrieta, J. 2019. Análisis agroeconómico del cultivo protegido hidropónico de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) en dos localidades de la región huetar norte

- de Costa Rica tesis lic. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 79 p.
- ProNAP (Programa Nacional Sectorial de Ambientes Protegidos). 2006. Concepto de ambiente protegido. Boletín del ProNAP. San José, Costa Rica. Año 1 (1): 3-4 p.
- Ramírez-Vargas, C.; Nienhuis, J. 2012a. Evaluación del crecimiento y productividad del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo cultivo protegido en tres localidades de Costa Rica. Revista Tecnología en Marcha, 25(1): 3-15.
- Ramírez-Vargas, C; Nienhuis, J. 2012b. Cultivo protegido de hortalizas en Costa Rica. Revista Tecnología en Marcha, 25(2): 10-20.
- Resh, H.M. 2013. Hobby hydroponics. 2 ed. Florida, USA, CRC Press. 136 p.
- Rojas-Méndez, J.; Paniagua-Madrigal, F. 2015. Comportamiento agronómico de *Capsicum annuum* L., *Lycopersicon esculentum* M. y *Cucumis melo* L. bajo cultivo protegido hidropónico utilizando la solución universal de Steiner. Tesis Lic. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 98 p.
- Steiner, AA. 1984. The universal nutrient solution. Sixth international congress on soilless culture, Lunteren, Netherlands. Publicado por International Society for Soilless Culture (ISOSC). Wageningen, Holanda. p. 633-649

## 9. Apéndices (opcional)

Apéndice 1: Cartel para la contratación de la construcción de invernaderos para el proyecto "Red de Horticultura protegida de la Región Huetar Norte" (adjunto en documento PDF)

Apéndice 2: Convenio específico entre el INDER y el ITCR para el financiamiento del proyecto "Red de Horticultura protegida de la Región Huetar Norte" (adjunto en documento PDF)

Apéndice 3: Costos de construcción de los invernaderos de la RHP-RHN mediante financiamiento del INDER (convenio INDER-ITCR)

Área de invernadero, convenio ITCR-INDER				
	Invernadero	Invernadero	Invernadero	Costo total
Beneficiario	Hidrop Abierto	NFT	Med y Ornam	Colones
Amonci	240		120	¢9 721 553,77
Asoc Cubujuquí	300	150		¢12 151 942,22
ITCR-CTLSC	150			¢4 050 647,41
Escuela Carrizal Río 4to	300	120		¢11 341 812,74
Escuela Sn Fco PB	180	120		¢8 101 294,81
CTP Sta Rosa Pocosol	300	150		¢12 151 942,22
Asoc Adultos Venecia	300			¢8 101 294,81
TOTAL	1770	540	120	¢65 620 487,98
			2430	
Gasto global del proyecto			Costo/m2	¢27 004,32
			Inversión/m2	¢36 999,73
				¢89 909 334,92