

## 7. CAPÍTULO I

### ARTÍCULO

**La agricultura protegida de pequeña escala como una alternativa de producción agrícola y seguridad alimentaria para la zona de Somoto, Nicaragua. Rojas Castro Usbeika; Hidalgo Jaminson, Eduardo, Faustino Manco, Jorge y Vásquez Morera, Nelly.**

Este artículo forma parte del trabajo de tesis para optar el grado de *Magister Scientiae* en Agroforestería y Agricultura Sostenible, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, 92 P.

### RESUMEN

Durante estas últimas décadas, las regiones del pacífico de Centroamérica han experimentado eventos extremos, inundaciones y sequías, consecuencia del cambio climático. Como resultado, las comunidades rurales de estas zonas presentan altos niveles de vulnerabilidad e inseguridad alimentaria, principalmente en el Corredor Seco Centroamericano. En el caso de Nicaragua, esta zona comprende, entre otros, el Departamento de Madriz, lugar donde se ejecutó esta investigación.

Nicaragua es un país predominantemente rural que vive de la agricultura, enfrenta problemas relacionados con pobreza y un estrés hídrico grave asociado a las altas temperaturas (épocas secas). Este último afecta la producción de alimentos, pues genera escasez tanto para el consumo del hogar como para la comercialización. Lo anterior provoca una disminución de los ingresos para la adquisición de alimentos en el mercado y eleva sus precios, factores limitantes en la lucha contra la pobreza. También, provoca una fuga de divisas al país al destinarlas para adquirir alimentos en los mercados regionales o internacionales. Bajo estas circunstancias, la implementación de técnicas de agricultura protegida, en la que se usen estructuras, materiales, y equipos de fácil acceso y de bajo costo constituye una alternativa para la producción agrícola (hortalizas) en climas adversos. Además, juega un importante papel en el control de plagas y enfermedades, con lo cual mejora los ingresos, y la seguridad alimentaria y nutricional de las familias rurales como un componente de la agricultura familiar.

La presente investigación se realizó en el Municipio de Somoto, Nicaragua, cabecera del Departamento de Madriz. Evaluó la agricultura protegida con técnicas de cosecha de agua como una opción para mejorar la productividad agrícola y seguridad alimentaria de las familias productoras, y aprovechar las obras de cosecha de agua establecidas por ECADERT y la Alcaldía Municipal. La unidad de muestreo fueron 12 familias productoras que contaban con sistemas de cosecha de agua. De ellas, se seleccionaron dos con sistemas de cosecha de agua en

condiciones aparentemente óptimas para enfrentar los meses críticos de sequía. También, se escogió otra familia cuyo sistema de cosecha de agua no contaba, en ese momento, con el volumen necesario para enfrentar los desafíos de dichos meses y que representó al grueso de las familias productoras. En las dos primeras fincas se construyó una casa malla de bajo costo con arcos de tubos de PVC y madera nativa del área y cubiertas con malla antiáfidos de 50 mesh.

Mediante el análisis de factibilidad técnica y económica, se encontró que la agricultura protegida con técnicas de cosecha de agua de bajos costos, y la implementación de buenas prácticas, ayudará a mejorar la productividad agrícola de la zona, la seguridad alimentaria de las familias rurales y producir de forma sostenible y más amigable con el ambiente. El uso de malla antiáfidos como cubierta de casa malla no fue la mejor opción, debido a su alto costo de inversión (\$416.77 el rollo de 266.40 m<sup>2</sup>), el cual es poco accesible para la mayoría de productores de esta zona. Además, al tener los huecos tan pequeños, la malla eleva la temperatura dentro de la estructura e impide un buen intercambio gaseoso, lo cual afecta la calidad del fruto (desórdenes fisiológicos y enfermedades).

En conclusión, debido a altas temperaturas y sequías, es necesario implementar en el Municipio de Somoto medidas de mitigación/adaptación sostenibles, prácticas productivas sostenibles, uso eficiente del agua, diversificación de finca, agricultura protegida, conservación de suelo y agua, y agroforestería. Estas medidas tienen como finalidad producir con un riesgo menor, incrementar rendimientos e ingresos y lograr seguridad alimentaria para las familias rurales.

**Palabras clave:** agricultura protegida, sistema de cosecha de agua, corredor seco, seguridad alimentaria.

**Usbeika I. Rojas Castro.** Small-scale protected agriculture as an alternative to food production and food security in the region of Somoto, Nicaragua. A dissertation to obtain the *Magister Scientiae* degree on Agroforestry and Sustainable Agriculture, Tropical Agricultural Research and Higher Education Center (CATIE), 92 pages.

### ABSTRACT

During the last decades the regions from the Central American Pacific have been affected by extreme natural disasters, such as floods and drought. Unfortunately, this is a consequence of climate change and has provoked high levels of vulnerability and food insecurity in rural communities, especially in the Central America Dry Corridor (CADC), which in Nicaragua's case, comprises the Municipality of Madriz where this study was carried away.

Nicaragua is an agricultural country with many rural communities that subsist from agriculture. However, these communities face serious problems related to poverty and severe water stress associated to high temperatures (in the dry season) that utterly damages food production and causes food shortage for consumption and commercialization. Additionally, these issues aggravate the investment of country's income due to the import of food products from regional or international markets. As a result, the implementation of different protected agriculture techniques utilizing structures, materials and easy access as well as low-cost equipment, present an alternative to agricultural production (vegetables) in adverse climate. Also, it has a relevant role in the control of plagues and diseases, improving income, food access and nutrition of the rural families, as a component of the family agriculture.

As mentioned before, this research was undertaken in the Municipality of Somoto, Nicaragua, and county seat of the Department of Madriz. Protected agriculture with techniques of water harvesting, as an option to improve agricultural productivity and food security of producers/families was evaluated, taking advantage of the mechanisms of water harvesting established by ECADERT and the Municipal Hall. The sample unity was 12 producers/families that had water harvesting systems. From those families, two were selected with water harvesting systems that, apparently, were in the optimum condition to face the most critical months of the dry season. And also, one family with a water harvesting system that was not in optimum condition to face those months and that represented the situation in the rest of producers/families.

In the farms of the families with optimum systems, it was built a low-cost greenhouse mesh with PVC pipe arches, wood from the location, and covered with anti-aphids 50 netting mesh.

Through the technical and economic feasibility study, it was found that protected agriculture with low-cost water harvesting techniques and the implementation of good practices can improve the agricultural productivity of the region, food security of rural families, and a sustainable production. Nevertheless, the use of anti-aphids mesh as a cover for the greenhouse

mesh was not the best alternative due to its high cost (\$416.77 per 266.40 m<sup>2</sup>-roll), which cannot be afforded by most of the producers from the zone. Furthermore, this material had small netting gaps that contribute to the elevation of temperature inside the structure and did not allow a proper gaseous exchange, which affected the quality of the fruit (physiological disorders and diseases).

Summarizing, in the Municipality of Somoto, and due to high temperature (drought) it is extremely necessary to implement sustainable mitigation/adaptation measurements, sustainable practices of production, efficient water use, farm diversification, protected agriculture, agroforestry, soil and water preservation in order to produce with minor risks, and improving yield and income, and achieving food security for rural families.

**Keywords:** Protected Agriculture, Water Harvesting System, Dry Corridor, Food Security.

## 8. INTRODUCCIÓN

Centroamérica es una de las regiones más expuestas a las consecuencias del cambio climático. Esta situación magnifica sus vulnerabilidades socioeconómicas e incide cada vez más en las actividades productivas como la agricultura y la ganadería, con pérdidas significativas en los cultivos de maíz, frijol y sorgo de 50-100%. Si bien las pérdidas no fueron generalizadas, afectaron principalmente a los pequeños agricultores de subsistencia y generaron un problema de disponibilidad y acceso los granos básicos. Estos últimos conforman la base de su alimentación, por lo que la escasez compromete, al mismo tiempo, su situación alimentaria y nutricional.

En Nicaragua, el corredor seco comprende los departamentos de Madriz, Nueva Segovia y Estelí. Se caracteriza por un estrés hídrico grave que afecta seriamente la producción de alimentos, provoca que estos escaseen, tanto para el consumo del hogar como para su comercialización, disminuye los ingresos para su adquisición en el mercado y eleva sus precios. Además, el estrés hídrico provoca una fuga de divisas al país al destinarlas para adquirir alimentos en los mercados regionales o internacionales (Bendaña 2012).

En el caso del Municipio de Somoto, Departamento de Madriz, lugar donde se llevó a cabo la presente investigación, casi el 50% de su población vive en área rural y un 35% de ellas carece de agua potable. Las principales fuentes de abastecimiento para consumo humano son los pozos públicos con bombas de mecate, ríos, mini acueducto por gravedad y ojos de agua. Por otra parte, este municipio presenta reducciones de precipitación que oscilan entre el 30 – 34% durante el fenómeno meteorológico el niño (Gobierno de Nicaragua 2011). Esa escasa precipitación, sumada a un incremento de la temperatura, incrementa la evapotranspiración potencial y, con ello, reduce la oferta hídrica en el territorio.

La principal actividad económica de la zona es la producción agropecuaria. El 81% de sus comunidades se dedican principalmente al cultivo de maíz, el 77% al cultivo del frijol, el 73% al sorgo, el 12% al cultivo de hortalizas mediante pequeños micro riegos, entre otros (Gobierno de Nicaragua 2011). Debido los problemas de escasez, según Vargas y Nienhuis (2012), es imprescindible promover modelos productivos sostenibles que abastezcan alimentos seguros y que contribuyan a mejorar la calidad de vida de los agricultores y las comunidades locales frente a condiciones climáticas adversas.

Tomando en consideración que muchas de esas familias rurales viven de los alimentos que producen sus huertos caseros, éstos podrían abastecer una importante variedad de provisiones durante todo el año. Además, pueden generar ingresos adicionales si el tamaño de la unidad de producción es suficiente y los recursos disponibles se utilizan de forma apropiada.

Una alternativa productiva para este sector de la población son los sistemas de cultivos protegidos de bajo costo, los cuales emplean estructuras, materiales y equipo para producir hortalizas en climas adversos y facilitan, además, el control de plagas y enfermedades. Este tipo de agricultura promueve la creación de un ambiente que favorece el crecimiento de las plantas y permite controlar al máximo factores de producción como la fertilización, la luz, CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad relativa (Vargas y Nienhuis 2012). Con este tipo de sistemas, se puede utilizar más eficientemente el agua mediante el almacenamiento de agua de lluvia recolectada por las canaletas del invernadero. Esta podrá además ser utilizada para riego o fertirriego (Vargas y Nienhuis 2012).

La producción de hortalizas mediante el uso de sistemas de cultivo protegido es una alternativa sostenible que permite obtener una producción anticipada e, incluso, fuera de estación, lo que permite hasta dos ciclos de producción en la región de interés. Las hortalizas van a suministrar vitaminas y minerales. Además, regularmente son productos agrícolas de alto valor comercial y podrían ser cultivados con un doble propósito. En primer lugar, para el consumo diario de la familia; en segundo lugar, para la venta de los excedentes con el fin de obtener ingresos adicionales una vez satisfecho el consumo familiar.

Por los motivos anteriores, se valoró el uso de casa malla, utilizando técnicas de cosecha de agua con enfoque adaptativo, como una alternativa de seguridad alimentaria para el Municipio de Somoto, Nicaragua.

## **9. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **9.1. Área de estudio**

El proyecto se ejecutó en el Municipio de Somoto, Nicaragua, aprovechando las obras de cosecha de agua establecidas conjuntamente entre ECADERT y la Alcaldía Municipal. Somoto, cabecera del Departamento de Madriz, limita al norte con los Municipios de Santa María y Macuelizo, al sur con los municipios de San Lucas y Pueblo Nuevo, al este con los Municipios de Yalagüina y Totogalpa y al oeste con la República de Honduras situado a 217 kilómetros de Managua. Está localizada bajo las coordenadas 13°25' 00" N, 86°35'00" W, y tiene una población de 35.000 habitantes (Gobierno de Nicaragua 2011)) (Fig. 1). De acuerdo con la clasificación de Holdridge (2000), presenta un clima entre trópico seco tropical y trópico muy seco tropical, con precipitaciones entre 800 – 900 mm/año (Gobierno de Nicaragua 2011).



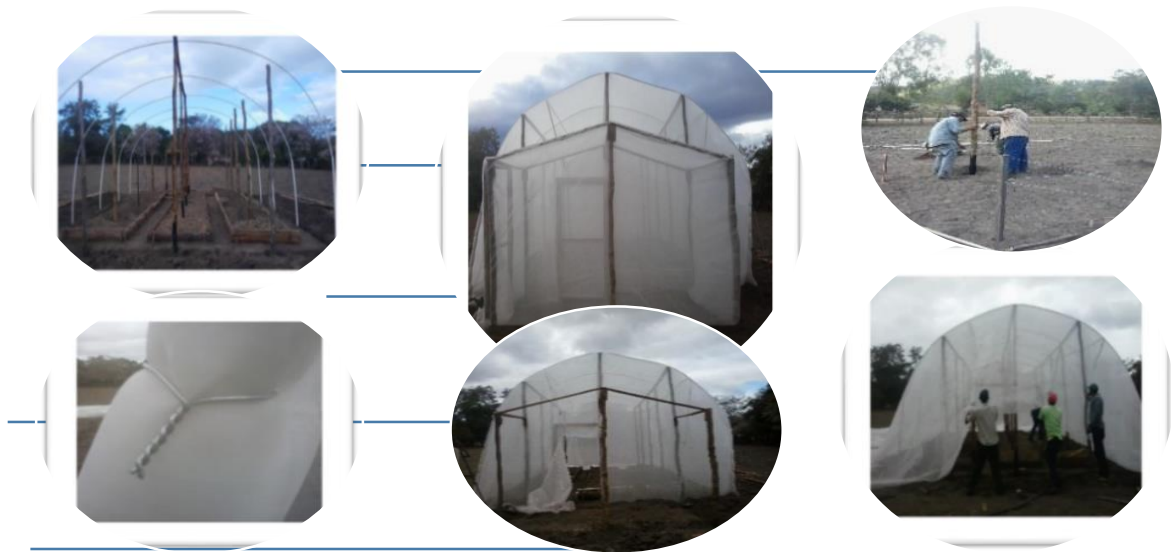
**Figura 1.** Municipio de Somoto (Fuente: Web Site INETER).

## **9.2. Características de las fincas en las que se ejecutó el estudio**

Para la realización del estudio, se visitaron 12 familias productoras que contaban con sistemas de cosecha de agua. De ellas, se seleccionaron dos con sistemas en condiciones aparentemente óptimas para enfrentar los meses críticos de sequía. También, se escogió otra familia cuyo sistema de cosecha de agua no contaba con el volumen necesario para enfrentar los desafíos de dichos meses y que representó al grueso de las familias productoras. Todas ellas correspondían a productores que fueron beneficiados con obras de cosecha de agua promovidas en la zona por ECADERT.

## **9.3. Diseño y construcción de la casa-malla**

En dos de las fincas seleccionadas, se ubicó un terreno plano a favor del viento y se construyó una casa malla de bajo costo. Para ello, se emplearon arcos de tubos de PVC y madera nativa del área cubiertos con malla antiáfidos de 50 mesh, tal y como se aprecia en la figura 2. El área de instalación física para la huerta fue de 40.5 metros cuadrados, de los cuales, 4.5 metros fueron de frente y 9 metros de fondo. La tercera finca fue utilizada para sembrar el testigo a cielo abierto.



**Figura 2.** Construcción de las estructuras de casa malla-56 mts<sup>2</sup>

#### **9.4. Material vegetativo utilizado**

Para la siembra tanto en las casa malla como en la parcela testigo, se utilizó material comercial (almácigos), de chile dulce (*Capsicum annun*), de la variedad **Nathalie**, tomate (*Lycopersicum esculentum = Solanum lycopersicum*), variedad **INTA L-7** y pepino (*Cucumis sativus*), variedad **Dasher II**, comprado en un centro de distribución en Managua.

#### **9.5. Metodología en campo**

##### **9.5.1. Preparación del terreno**

Dentro de cada casa malla, se prepararon eras de forma manual removiendo la capa superficial a una profundidad de 45 cm. El trazado de los surcos se realizó mediante camas o eras con medidas de 1.20 metros de ancho por 8.00 metros de largo, utilizando bambú o corteza de pino a una altura de 30 cm para reforzarlas. Antes del trasplante, se aplicaron a cada era 16 sacos gallinaza compostada, 10 sacos de estiércol seco de vaca y 1 kg de cal. En el testigo a cielo abierto se realizaron camellones de 80 cm de ancho por 8 metros de largo, separados por 40 cm entre sí.

Un día antes del trasplante se aplicó un controlador biológico, a base de *Trichoderma* (Tricho-D 7.5 sp), a una dosis de 70 gramos por bomba de 20 litros directamente al suelo. También, se empleó el Biocontrolador Ajo 98 SL a una dosis de 100 gramos por bomba de 20 litros en toda el área de adentro de la casa malla.



### **9.5.2. Control de temperatura y humedad relativa dentro de la casa-malla**

Dado que la temperatura y la humedad relativa son dos de los principales factores en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, se establecieron sistemas de medición de temperatura y humedad relativa (Hobbos) en la etapa de floración y producción de frutos. Para ello, se colocó un Hobbo dentro del invernadero y otro en la parte externa de este, ambos a una altura entre 2/2,5 metros. Mediante estos, se registraron la temperatura y humedad diarias, información que se descargó en la computadora para su almacenamiento y análisis.

Asimismo, con el fin de disminuir la temperatura y la humedad relativa dentro de la casa malla y evitar daños fisiológicos a los frutos, se realizó una ventilación natural por medio de la apertura lateral de las mallas durante horas de la mañana. Según las recomendaciones de los especialistas, la apertura se efectuó durante la época de floración y fructificación.

### **9.5.3. Sistema de riego**

Tanto en las casa malla como en el testigo, se aplicó riego por goteo con agua proveniente de los reservorios o lagunetas, los cuales habían preparado previamente los productores. Para el riego se empleó cinta de riego, tubos de PVC de ½", un filtro de ¾, conectores con llave, llaves de paso de PVC de 2 pulgadas y un barril de 200 litros utilizado para estimar el agua consumida en las diferentes etapas fenológicas de los cultivos, tanto a cielo abierto como dentro de la casa malla. Permitió además determinar la pérdida de volumen de agua o lámina de espejo en los reservorios (infiltración, evaporación y uso).

De acuerdo con las recomendaciones del Coordinador del Proyecto de Cosecha de Agua en Somoto, para determinar la disponibilidad de agua se midió el área del reservorio cada 15 días y se aplicó la fórmula  $m^3 = 4/9$  (altura) (área), donde  $1m^3$  equivale a 1,000 litros de agua y el  $4/9$  es el porcentaje que se asume por pérdida de agua por evaporación. Por su parte, la pérdida de agua se estimó mediante la fórmula  $Vol. total m^3 = Vi - Vf$ .

### **9.5.4. Trasplante y estaquillado**

Para el proceso de trasplante y estaquillado, a cada cultivo se le asignó una era. Posteriormente, se trasladaron plántulas de chile dulce, tomate y pepino, de aproximadamente 10 cm de altura, en horas de la tarde (4:00 a 5:00 PM) con el fin de reducir la deshidratación y el estrés. En todos los casos, se utilizó una densidad de siembra de 40 cm entre plantas y de 80 cm entre surcos.

A medida que las plantas crecieron, se establecieron soportes o puntos de apoyo mediante el sistema de estaquillado. Para los cultivos de tomate y chile, se emplearon estacas de 1.80 metros de largo a cada 4 plantas. Para el pepino, se utilizaron los postes centrales con el fin de

confeccionar una espaldera en forma perpendicular y de zig zag con cabuya o mecate, a los cuales se sembraron plantas ambos lados. Mediante este tipo de tutorado, se facilita la orientación de las guías.

#### **9.5.5. Poda y aporque**

A cada una de las plantas de tomate, chile dulce y pepino se les realizó deshije y podas sanitarias (de flores, follaje y frutos) según su etapa fenológica y estado sanitario. Para la poda, se utilizó una tijera de podar, la cual se desinfectaba con una solución de Iodan 2 SI a 12.5 cc en 5 litros de agua al pasar de planta a planta. Todos los residuos de la poda se recogieron en bolsas negras y se sacaron del túnel de malla para evitar la diseminación de inóculo de enfermedades y plagas. La labor de aporque se realizó a los 20 y 55 días después del trasplante, utilizando azadas o palín.

#### **9.5.6. Polinización**

La polinización se realizó en forma manual a todos los cultivos por medio de golpes leves al soporte utilizado para el trasplante y estaquillado (cabuya). Se efectuó de 8:00 a 10:00 de la mañana, tres veces por semana. Adicionalmente, durante el periodo de floración – fructificación, se dejó abierta la puerta de la casa malla con el fin de permitir la entrada de polinizadores. Esta medida favoreció además la reducción de las altas temperaturas y concentración de CO<sub>2</sub> producidas por efecto del uso de malla antiáfidos.

#### **9.5.7. Fertilización**

Antes de decidir la fertilización, se realizó un análisis físico químico de suelo en el laboratorio de suelos y agua de la Universidad Nacional Agraria de Managua. Este permitió elaborar un programa de fertilización por finca de acuerdo con las necesidades de los cultivos, con el que se aplicaron tanto productos foliares como incorporados al suelo (Anexo 1 y 2). Todas las aplicaciones se realizaron en horas de la mañana.

#### **9.5.8. Control de plagas y enfermedades**

Al momento del trasplante, se instalaron trampas de color amarillo impregnadas con Zepicol con el fin de monitorear plagas de importancia económica. También, se elaboró un plan de manejo integrado de los cultivos basado en productos preventivos (Anexo 3). Por otra parte, se restringió el ingreso de personas al túnel de malla y se mantuvo una revisión constante de las plantas durante todo su ciclo de crecimiento. Cuando se presentaron problemas de plagas y enfermedades en los cultivos, se realizaron las aplicaciones del caso de acuerdo con las recomendaciones de los especialistas y según las normas de buenas prácticas agrícolas (dosis, carencias y efecto residual).

Los productos utilizados fueron insecticida, clorpirifos QB DP5, Tryclan 50 SP (50cc/bomba 20 litros), fungicida producto Trivia 50 SP (80cc/bomba de 20 litros). Los controles de plagas (mosca blanca) se realizaron a partir de las 8.00 a 9.00 a.m. ya que los adultos poseen hábitos diurnos. Para el control de mildiu polvoriento en el cultivo de chile dulce, se aplicó el fungicida triazol, Rally 40 wp (80 cc/bomba 20 litros) tres aplicaciones seguidas para su control.

#### **9.5.9. Toma de datos**

Semanalmente se tomaron datos de altura de las plantas, número de flores, frutos, y se monitorearon las plagas y enfermedades en los diferentes cultivos, con el fin de tomar decisiones en cuanto al manejo de los cultivos dentro del túnel malla y el testigo a cielo abierto. Paralelamente, se tomaron datos de temperatura y humedad según metodología descrita anteriormente.

#### **9.5.10. Cosecha**

La cosecha se realizó tomando en consideración la madurez fisiológica y máximo tamaño del fruto según la especie y la variedad, así como el destino final del producto y las condiciones de almacenaje. Después de recolectados, se seleccionaron de acuerdo con su tamaño y calidad. Los grandes se destinaron a la venta, por lo que se depositaron en cajas, con el cuidado de no incluir frutos infectados que pudieran contaminar a los demás antes de su venta y que además soportaran la carga de los otros que se depositan sobre ellos. La cosecha se programó semanalmente, cuantificando la producción por familia.

#### **9.5 11. Comercialización**

La comercialización del chile dulce, pepino y tomate la realizó cada productor, según sus propios contactos.

### **9.6. Evaluación de la factibilidad técnica y económica de los túneles de malla como alternativa de producción**

Para determinar la importancia del uso de túneles de malla con técnicas de cosecha de agua, se cuantificó la producción de todos los cultivos (chile dulce, tomate, pepino) en cada túnel. Posteriormente, se analizaron los costos de producción y los ingresos de las ventas. Se tomaron en consideración las diferentes actividades para el establecimiento, mantenimiento, manejo y producción dentro de la casa malla. De este modo, se cuantificaron la mano de obra familiar, los materiales, herramientas e insumos, así como los ingresos por venta de productos, costos de establecimiento y manejo (costos variables y fijos).

Se calcularon los indicadores financieros por cultivo, y por casa malla, para el primer ciclo de cultivo mediante un análisis básico de factibilidad técnica y económica. Este determinó el beneficio o la utilidad obtenida en relación con la inversión realizada. En este análisis, la utilización del indicador de retornos sobre la inversión (RSI) para casa malla ayudó a establecer cuántos dólares se ganan por cada dólar invertido en las estructuras de casa malla de acuerdo con el procedimiento utilizado por PYMERURAL (2013), donde **RSI = (beneficio obtenido – inversión) / inversión**. Para los cultivos establecidos a cielo abierto, se cuantificó su ganancia neta.

### **9.7. Inventario de buenas prácticas agrícolas**

Con el fin de recolectar información social, económica y ambiental, se aplicó una encuesta semi-estructurada a 12 productores del Municipio de Somoto, que contaban con sistemas de cosecha de agua (Anexo 4). Por medio de esta encuesta, se identificaron características, uso y disponibilidad de agua durante los meses críticos de verano, así como la frecuencia de riego y el uso de buenas prácticas agrícolas en las fincas productoras.

## **10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **10.1. Caracterización de la zona y de las fincas en las que se ejecutó el estudio**

Tal y como se aprecia en el cuadro 1, la zona y las fincas utilizadas en esta investigación presentan mucha pobreza y las familias en general cuentan con escasos recursos y poca competitividad que pone en riesgo su seguridad alimentaria. Asociado a ello, la zona presenta altas temperaturas y lluvias muy escasas que agravan la situación de las familias y afectan el volumen de agua disponible en las lagunetas. La opción de cultivar bajo techo les brinda una nueva fuente de ingresos y una forma de diversificar su dieta; sin embargo, por la escasa precipitación de la zona, requieren de sistemas de captación de agua bien diseñados y que abastezcan sus principales necesidades.

Para PESA (2011), Nicaragua es el segundo país con más pobreza rural (71.5%) e indigentes (46.1%) sólo superado en ambos casos por Honduras (78.8%) y (61.7%). El 40% de la población económicamente activa se dedica a la agricultura, pesca y ganadería; por lo que la economía nacional depende en gran medida de los cambios endógenos y exógenos que se produzcan en estos sectores (precios de mercado, exportaciones, variabilidad climática (Banco Central de Nicaragua 2009). La sequía en Nicaragua es, sin duda, un fenómeno silencioso, que impacta todos los años en diferentes grados de afectación; se agrava más con la aparición del fenómeno del NIÑO y ocasiona un fuerte impacto económico, social y medio ambiental para el país. Para MAGFOR (2013), el problema generado por la sequía reside en que sus secuelas se han concentrado, principalmente, en la población rural, la cual constituyen los grupos más

empobrecidos y que han venido incrementado su vulnerabilidad con la ocurrencia de este fenómeno.

De acuerdo con el economista Néstor Avendaño, un total de 72, 855 manzanas (50, 998 hectáreas) y 1 millón 774 mil quintales de granos básicos se dejaron de producir en la siembra de primera del ciclo agrícola 2015/2016 por efectos de la sequía asociada con el fenómeno climatológico “El NIÑO” (2015). Se necesitan tecnologías innovadoras y soluciones integradas a escala apropiada, tanto para la adaptación como para la mitigación del cambio climático (FAO 2013). En ese sentido, se requiere un mejor uso del agua de lluvia mediante sistemas de acopio, junto con la conservación de las zonas de recarga, un mejor manejo del suelo, la diversificación de los cultivos y el uso de enfoques denominados “inteligentes respecto al clima”. Estas medidas podrían contribuir a que los agricultores no simplemente eludan el temporal, y a mejorar sus niveles de producción y manejo sostenible de sus parcelas o fincas (FAO 2013). Estos requieren, además, mucho apoyo por parte de técnicos que les permitan realizar de mejor manera sus actividades agrícolas y ganaderas.

**Cuadro 1.** Principales características socioeconómicas de las zonas y finca donde se ejecutó el proyecto.

<b>Zona/ Familia</b>	<b>Características socioeconómicas</b>	<b>Tamaño de laguneta</b>	<b>Capacidad de almacenamiento de la laguneta</b>	<b>Principales actividades productivas</b>	<b>Principales limitantes de la zona</b>
<b>El Chinchal (Municipio SOMOTO) Familia Montoya Moncada</b>	60 familias (91% vive en pobreza, un 8% en condiciones acomodadas y el 2% en extrema pobreza)	6,354.20 m <sup>2</sup>	17, 999.98 m <sup>3</sup>	Ganadería Cultivo de maíz, frijol y sorgo, utilizando riego por gravedad y goteo	Asistencia técnica, acceso de crédito, sequía
<b>Icalupe (Municipio SOMOTO) Familia Flores Sánchez</b>	67 familias (71% en condiciones de pobreza).	7,379.66 m <sup>2</sup>	17,661.93 m <sup>3</sup>	Ganadería. Cultivo de frijol y maíz. Agua para uso doméstico 6 familias Vivero utilizando riego por gravedad	Asistencia técnica, acceso de crédito, sequía
<b>San Lucas (Municipio San Lucas) Familia Beltrán</b>	12,975 habitantes. municipio en pobreza extrema		23,448.00 m <sup>3</sup>	Ganadería	Sequía

## 10.2. Datos de temperatura y humedad relativa dentro casa-malla y a cielo abierto

El desarrollo de los cultivos, en sus diferentes fases de crecimiento, está condicionado por cuatro factores ambientales o climáticos: temperatura, humedad relativa, luminosidad y CO<sub>2</sub>. De acuerdo con López *et al* 2001 citado por Jaramillo Noreña *et al* (2012), estos influyen sobre los procesos de fotosíntesis, respiración, división y expansión celular, y toma de nutrientes y agua.

Dentro de un invernadero, de acuerdo con Jaramillo Noreña *et al* (2012), normalmente durante el día la temperatura es mayor que en el exterior; pero durante la noche, debido a que no existe aporte de radiación solar, el suelo emite energía en forma de calor hacia el exterior. Este fenómeno se conoce como ‘efecto invernadero’.

Los cuadros 2 y 3 muestran los datos de las temperaturas y humedades relativas promedio registradas en las fincas seleccionadas para este estudio, durante los meses de abril a julio del 2015, tanto dentro de la casa malla como a cielo abierto. Debe resaltarse el hecho de que la humedad relativa varía inversamente con la temperatura, es decir, conforme la temperatura aumenta, la humedad relativa decrece.

El cuadro 2 muestra que las temperaturas más altas se presentaron en la finca de la familia Montoya Moncada (El Chinchal), mientras que las humedades relativas más altas se presentan en la Zona de Icalupe, dentro de la estructura de casa malla (cuadro 6). En el caso de la temperatura, aunque los valores promedio no son muy diferentes en ambos lugares, en El Chinchal, en el mes de abril, se alcanzaron temperaturas de hasta 46°C a cielo abierto, mientras que en casa malla la temperatura más alta fue de 40°C. Estas cifras, en general, son perjudiciales para el desarrollo adecuado de los cultivos y se muestran en los cuadros 3 y 4.

El cuadro 5 muestra que no se encontró diferencia entre los promedios de temperatura dentro de la casa malla y los que se obtuvieron a cielo abierto en ambas localidades. No obstante, puede destacarse la gran diferencia de temperatura que se presenta durante el día y la noche en ambas localidades, tanto para la casa malla como fuera de ella, y que en algunos meses llegó a 11°C.

Aunque la temperatura es un factor muy importante por considerar, existen diferentes rangos de luz, radiación, temperatura y humedad relativa durante el día y la noche, en las diferentes etapas del desarrollo fenológico de los cultivos, que les permiten optimizar su desarrollo foliar, la floración y la productividad.

En el cuadro 7 se muestran las exigencias de temperatura y humedad relativa para las especies cultivadas.

**Cuadro 2.** Temperaturas promedio registradas bajo casa malla y a cielo abierto abril - julio.

Temperaturas (°C)												
Familia Flores Sánchez – Icalupe						Familia Montoya Moncada - El Chinchal						
Cielo abierto			Casa malla			Cielo abierto			Casa malla			
Mes	7 00 a.m – 6.00 p.m	7 00 p.m- 6.00 a.m	Promedio	7 00 a.m – 6.00 p.m	7 00 p.m- 6.00 a.m	Promedio	7 00 p.m - 6.00 a.m	7 00 a.m – 6.00 p.m	Promedio	7.00 p.m - 6.00 a.m	7 00 a.m – 6.00 p.m	Promedio
abril	32	21	27	32	22	27	34	23	29	33	23	28
mayo	29	21	25	29	21	25	30	23	27	31	23	27
junio	27	20	24	26	21	24	28	22	25	25	25	25
julio	28	20	24	28	20	24	25	25	25	25	25	25

**Cuadro 3.** Temperaturas registradas durante el mes de abril en la zona de El Chinchal a cielo abierto en horas del día

Temperaturas °C cielo abierto El Chinchal día- abril										
Hora	20-abr	21-abr	22-abr	23-abr	24-abr	25-abr	26-abr	27-abr	28-abr	T °C Promedio
7.00 a.m	---	25	26	24	22	24	24	26	22	24
8.00 a.m	---	29	27	28	25	24	29	32	28	28
9.00 a.m	30	31	31	29	31	31	32	33	34	31
10.00 a.m	34	30	34	34	33	34	35	37	38	34
11.00 a.m	34	37	34	36	35	35	35	40	43	37
12.00 m.d	34	37	37	38	37	36	38	44	43	38
1.00 p.m	35	39	40	39	38	38	40	43	45	40
2.00 p.m	39	39	39	40	39	38	39	39	<b>46</b>	40
3.00 p.m	39	39	38	39	39	39	39	37	37	38
4.00 p.m	38	38	37	37	36	37	38	41	33	37
5.00 p.m	34	35	32	33	34	32	33	39	23	33
6.00 p.m	29	29	29	25	28	28	29	34	24	28
<b>T °C Promedio</b>	35	34	34	34	33	33	34	37	35	<b>34</b>



**Cuadro 4.** Temperaturas registradas durante el mes de abril en la zona de El Chinchal bajo casa malla en horas del día

Temperaturas °C bajo casa malla - El Chinchal día - abril										
Hora	20-abr	21-abr	22-abr	23-abr	24-abr	25-abr	26-abr	27-abr	28-abr	T °C Promedio
7.00 a.m	---	24	25	25	22	24	23	24	22	24
8.00 a.m	---	29	27	27	24	26	27	29	27	27
9.00 a.m	29	29	31	28	30	31	31	32	32	30
10.00 a.m	32	30	35	34	33	34	34	35	35	34
11.00 a.m	33	34	35	36	36	35	35	36	38	35
12.00 m.d	33	35	35	37	37	37	36	39	40	37
1.00 p.m	34	37	38	38	36	38	37	39	41	37
2.00 p.m	37	36	38	<b>40</b>	39	38	38	37	40	38
3.00 p.m	36	35	37	38	38	37	38	35	38	37
4.00 p.m	35	35	34	35	35	35	36	37	34	35
5.00 p.m	34	33	32	33	34	32	33	36	24	32
6.00 p.m	30	30	30	29	29	29	30	34	23	29
<b>T °C Promedio</b>	33	32	33	33	33	33	33	34	33	<b>33</b>

**Cuadro 5.** Diferencias de temperaturas promedio durante horas del día y horas de la noche en el mes de abril.

Temperatura promedio (%)- abril				
T °C	Familia Montoya Moncada - El Chinchal		Familia Flores Sánchez – Icalupe	
Mayo	Cielo abierto	Casa malla	Cielo abierto	Casa malla
<b>Día</b>	<b>34</b>	33	32	32
<b>Noche</b>	23	23	21	22
<b>Diferencia de T °C</b>	<b>11</b>	10	<b>11</b>	10

**Cuadro 6.** Humedad relativa promedio registradas bajo casa malla y a cielo abierto abril - julio 2015.

Humedad Relativa (%)												
Icalupe							El Chinchal					
Cielo abierto			Casa malla				Cielo abierto			Casa malla		
Mes	7 00 a.m – 6.00 p.m	7 00 p.m- 6.00 a.m	Promedio	7 00 a.m – 6.00 p.m	7 00 p.m- 6.00 a.m	Promedio	7 00 p.m - 6.00 a.m	7 00 a.m – 6.00 p.m	Promedio	7 00 p.m- 6.00 a.m	7 00 a.m – 6.00 p.m	Promedio
Abril	37	69	53	44	72	58	36	70	53	41	68	55
Mayo	50	81	66	53	82	68	49	75	62	49	77	63
Junio	70	93	82	79	95	87	65	88	77	80	84	82
Julio	63	92	78	62	93	77	55	58	57	75	78	77

**Cuadro 7.** Exigencias de temperatura y humedad relativa para los cultivos establecidos.

Exigencias de temperatura y humedad relativa para los cultivos establecidos			
	Tomate	Pepino	Chile dulce
Temperatura (°C) mínima biológica	10-12	10-12	10-12
Temperatura (°C) óptima	13-16	18-18	16-18
Temperatura (°C) máxima biológica	21-27	20-25	23-27
Humedad relativa (%)	50 - 65%	70 - 90%	50 - 65%

**Fuente:** (Jaramillo Noreña *et al* 2012)

Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas.

La humedad relativa está claramente definida por los regímenes de radiación solar, viento, precipitación y temperatura del aire. Así, la Región del Pacífico, que es la más seca y cálida, es donde se presentan los valores mínimos anuales de humedad relativa, que oscilan entre 64% y 70%. Por su parte, en la Región del Atlántico, los valores máximos varían de 80% a 90% (INETER 2012). Según Vaisala (2013), citado por Chan y Jonathan (2014), la humedad relativa muy alta favorece la propagación de los hongos, provocan enfermedades; por el contrario, los ambientes secos disminuyen el ritmo de crecimiento en las plantas. La humedad relativa óptima depende del cultivo y el rango típico oscila entre 50 y 70%.

Otro aspecto importante por considerar, y que no fue evaluado en el presente trabajo corresponde a la radiación solar. Esta es fundamental para la planta, ya que proporciona la energía necesaria para formar asimilados y, con ello, posibilita la producción. Una forma de proteger las plantas de la radiación elevada es mediante la ventilación dentro de las estructuras protegidas. Sin embargo, el uso de mallas anti-antiáfidos, como las empleadas en este trabajo contra plagas y enfermedades, redujeron considerablemente la tasa de ventilación, con lo cual dificultaron el intercambio de aire interior-exterior y la renovación de CO<sub>2</sub>. En estas circunstancias, fue necesario improvisar ventanas de aireación en la estructura utilizada. Estas no solo redujeron la temperatura dentro de la casa malla y evitaron mayores daños fisiológicos a las plantas, sino que disminuyeron la humedad dentro de la estructura.

Temperaturas y humedades relativas mayores a la máxima permitida para un cultivo pueden provocar daños, como por ejemplo, una disminución del número de granos de polen, daño a la floración, daños al cuaje, etc. (Jaramillo Noreña *et al* 2012).

### **10.3. Disponibilidad total de agua en las lagunetas**

De los 12 sistemas de cosechas de agua construidos por ECADERT y la alcaldía municipal en el Municipio de Somoto, en el año 2013, sólo tres contaban con agua en enero del 2015, fecha de inicio del presente trabajo. De las 3 lagunetas utilizadas, la de la Familia Beltrán en el Municipio de San Lucas, perdió la totalidad del agua de reserva 4 días antes de haber iniciado el proyecto de investigación. El aumento en los problemas de inseguridad alimentaria en la zona, así como la creciente escasez de agua, acentúan la necesidad utilizar más eficientemente el recurso hídrico. En el cuadro 8, se aprecia la pérdida y disponibilidad de agua en las lagunetas durante la fase del estudio. Además, puede notarse una recuperación de la cosecha de agua para el día 22 de junio, como consecuencia de fuertes aguaceros que se dieron en esos días.

**Cuadro 8.** Pérdida y disponibilidad total de agua en las lagunetas evaluadas en 2015.

Pérdida y disponibilidad de agua en los reservorios lagunetas - 2015			
Disponibilidad Agua en lagunetas	Reservorio Icalupe	Reservorio El Chinchal	Reservorio San Lucas
<b>20 febrero</b>	1,554.00 metros cúbicos	416.00 metros cúbicos	
<b>4 marzo</b>	1,132.00 metros cúbicos	236.00 metros cúbicos	68.43 metros cúbicos
<b>16 marzo</b>	676.85 metros cúbicos	130.00 metros cúbicos	Sin agua
<b>30 marzo</b>	589.94 metros cúbicos	77.00 metros cúbicos	Sin agua
<b>10 abril</b>	465.66 metros cúbicos	41.37 metros cúbicos	Sin agua
<b>15 abril</b>	401.33 metros cúbicos	Sin agua	Sin agua
<b>25 abril</b>	326.66 metros cúbicos	Sin agua	Sin agua
<b>5 mayo</b>	422.21 metros cúbicos	76.08 metros cúbicos	Sin agua
<b>18 mayo</b>	325.32 metros cúbicos	55.15 metros cúbicos	Sin agua
<b>22 junio</b>	<b>4,893.43 m<sup>3</sup></b>	<b>1,851.00 m<sup>3</sup></b>	<b>3,855.46 m<sup>3</sup></b>

Los estudios de campo permitieron observar que dichas lagunetas tenían problemas de infiltración y falta de impermeabilización con plástico, escaso uso de cercas y barreras vivas, pérdidas de agua por evaporación, sedimentación y posibles problemas de contaminación del agua por agroquímicos y heces de animales y humanas. Además, no se observaron obras de conservación de suelos, lo que dificultó mantener las funciones para las que fueron hechas.

Bendaña (2012) señala que para mantener mayores volúmenes de agua en los reservorios, el fondo y las paredes del embalse deben ser de materiales arcillosos o rocosos que les confieran un grado aceptable de impermeabilización. En caso contrario, pueden cubrirse con arcilla, con geo-tela impermeable, con polietileno o plástico negro de grueso calibre, o realizar a su alrededor un talud, que puede ser de solo tierra o de piedra y cemento. También, deben poseer una zona de entrada o “toma” de agua y una de salida o emisión para prever rebases por exceso de agua en determinados momentos. Por otra parte, el establecimiento de sistemas agroforestales y mulching influye sobre el microclima, reduce la temperatura, velocidad del viento y la evaporación (Lin 2007). Al respecto, Toruño *et al.* (2013), mencionan que los principales beneficios luego de establecer sistemas adaptativos como SAF son el incremento de la producción, la restauración de los ecosistemas, la recuperación de la biodiversidad, la reducción de la erosión y la reducción de la contaminación de las aguas.

Es importante considerar que en la finca de la familia Flores Sánchez (Icalupe) utilizan el agua del reservorio para uso doméstico y ganadería (45 metros cúbicos/mes /50 animales), así como para la siembra de algunos cultivos. Su reservorio daba servicio de agua a otras 6 familias de la misma comunidad que lo utilizaban para actividades domésticas. Durante el presente ensayo el reservorio se utilizó también para riego por goteo dentro de casa malla así como en el testigo cultivado a cielo abierto, actividades que en conjunto requerían 10 metros cúbicos/mes.

En el mes de marzo, este reservorio tuvo una pérdida de 543 metros cúbicos, los cuales corresponden a 543,000 litros de agua. En el mes de abril, debido a que se inauguró el acueducto público operado a través de un panel solar, la pérdida de agua de la laguneta fue de 167.73 metros cúbicos (167,730 litros/agua) con un ahorro del 69.11% en agua disponible. Tomando en consideración que el consumo de agua, en términos generales es poco, se concluye que existe una gran pérdida por evaporación e infiltración.

Por su parte, el reservorio de la familia Montoya Moncada (El Chinchal) se utilizó para la ganadería. En el mes de marzo, este tuvo una pérdida de agua de 339.00 metros cúbicos es decir 33,900 litros de agua. En el mes abril, la disponibilidad del reservorio fue únicamente de 41.37 m<sup>3</sup> de agua. En relación con estas cifras, Altieri y Nicholls (2009) recomiendan que el agua de lluvia se debe cosechar, concentrar y transferir rápidamente a las áreas cultivadas, con lo cual se reducen al mínimo pérdidas por evaporación y percolación.

Desafortunadamente, por razones fuera del control de este estudio, no se realizó el análisis químico - biológico del agua en ninguna de las fincas. Ahora bien, es importante conocer la calidad del agua utilizada para consumo y actividades agrícolas, debido a las prácticas que utilizan los productores, donde en ocasiones el ganado hace uso de esta agua.

### **10.3.1. Consumo de agua en los cultivos establecidos**

El cuadro 9 indica el consumo de agua diaria mediante de riego por goteo, bajo casa malla y a cielo abierto, en todos los cultivos establecidos (tomate, chile dulce y pepino). Es importante destacar la diferencia de consumo, en cada una de las etapas fenológicas, entre los tratamientos a cielo abierto y los de casa malla. Al final, esta se vio reflejada en un menor tamaño de las plantas, y la cantidad y calidad de frutos producidos. De igual forma, debe destacarse la disminución en consumo de agua en las etapas de producción y cosecha para la casa malla de El chinchal, debido a la pérdida en el reservorio, la cual obligó a transportar agua desde un pozo artesanal localizado a 4 km de la finca.

Por otro lado, el consumo de agua por planta en los cultivos bajo casa malla mostró, en la mayoría de los casos, un consumo de casi un 50% menos que la demanda de los cultivos a campo abierto. Esta cifra indica que la pérdida por evaporación dentro de la casa malla es menor que a cielo abierto.

**Cuadro 9.** Consumo diario de agua en los cultivos establecidos según la etapa fenológica.

Consumo diario de agua en los cultivos establecidos según la etapa fenológica				
Cultivo	Etapa fenológica	Casa malla Icalupe	Casa malla El Chinchal	Cielo abierto Testigo
<b>Tomate</b>	Trasplante	1.50 litros/planta	1.50 litros/planta	2.50 litros/planta
	Fructificación	3.50 litros/planta	3.50 litros/planta	7.00 litros/planta
	Producción	3.50 litros/planta	2.00 litros/planta *	7.50 litros/planta
	Cosecha	2.00 litros/planta	1.50 litros/planta *	4.50 litros/planta
<b>Chile</b>	Trasplante	1.50 litros/planta	1.50 litros planta	2.00 litros/planta
	Fructificación	3.50 litros/planta	3.50 litros/planta	7.00 litros/planta
	Producción	3.00 litros/planta	2.00 litros/planta *	7.50 litros/planta
	Cosecha	2.00 litros/planta	1.50 litros/planta *	4.00 litros/planta
<b>Pepino</b>	Trasplante	1.50 litros/planta	1.50 litros planta	3.00 litros/planta
	Fructificación	3.50 litros/planta	3.50 litros/planta	7.00 litros/planta
	Producción	5.00 litros/planta	2.00 litros/planta *	7.00 litros/planta
	Cosecha	3.00 litros/planta	2.00 litros/planta *	6.00 litros/planta

\*La disminución en el consumo de agua se debe a la pérdida de disponibilidad que se presentó en el reservorio de El Chinchal.

#### 10.4. Diseño y construcción de las casa malla

En las fincas seleccionadas, el anclaje de casa malla al suelo le proporcionó mucha estabilidad y resistencia, sobre todo, contra el viento; no obstante, no se recomienda utilizar tubos de PVC para para instalar las estructuras, debido a que la brisa, más el peso de la malla, doblaron y quebraron los tubos. Por esta razón, se debió reforzar la estructura con postes rollizos laterales de la localidad, lo cual le confirió mayor estabilidad.

Las casas mallas tuvieron un tamaño de 56m<sup>2</sup> y su costo total de inversión en las comunidades de Icalupe y el Chinchal fue de 15,620.06 córdobas (578.52 dólares) (\$ 10.33/ m<sup>2</sup>) con una vida útil estimada en cinco años, para una inversión por año estimada de 3, 124.01 córdobas (115.70 dólares) (\$ 2.06/ m<sup>2</sup>), (Anexo 5). De acuerdo con Alas (2003) y Barquero (2001), los costos de construcción de un invernadero tienden a ser muy variables. Estos dependen de factores, tales como: tamaño, estructura, tipo de tecnología, materiales y zona de ubicación. Además, a medida que se tecnifica la estructura, los costos de inversión aumentan, lo que limita la implementación de este tipo de tecnología. Estas mismas características

intervienen en el diseño y construcción de estructuras protegidas, como es el caso de las casas malla.

Si el productor cuenta con agua, se asume que puede producir al menos dos ciclos de cultivo por año (diez ciclos productivos en la vida útil de la estructura), por lo que el valor de inversión por cada ciclo de cultivo sería relativamente bajo. No obstante, cabe notar que estas familias no cuentan con ingresos para construir ese tipo de estructuras; de ahí que el apoyo gubernamental o de alguna ONG será fundamental para ellos cuenten con esta opción de siembra.

La utilización de este tipo de estructuras representa una interesante alternativa de producción, ya que protegen contra condiciones adversas del clima, ofrecen una oportunidad de comercialización de productos de mejor calidad y apariencia, y mayores rendimientos, debido a la posibilidad de realizar al menos 2 ciclos de cultivo por año. Para Tesi (2001), los resultados obtenidos bajo agricultura protegida están estrechamente relacionados con el conocimiento de las condiciones climáticas de la zona donde se trabaja, de las exigencias y requerimientos ambientales y edáficos de cada especie, así como de la eficiencia de la estructura de protección. Barquero (2001), coincide en que la eficiencia de la inversión en un invernadero, asumiendo un correcto manejo agronómico del cultivo, estará en función de un adecuado diseño y operación de la instalación, para lo cual debe controlarse la interacción de las condiciones ambientales con la precisión que el cultivo requiera. Vargas y Nienhuis (2012) mencionan que son estructuras que deben ser diseñadas de acuerdo con las condiciones ambientales del lugar o localidad donde se van a establecer, así como considerar el cultivo por sembrar. Por tal razón, es de suma importancia que el diseño se adapte bien a las condiciones ambientales que prevalecen en la zona.

El uso de malla antiáfidos para la casa malla no fue la mejor solución, pues es un producto de alto costo de inversión (416.77 dólares el rollo de 266.40m<sup>2</sup>) y, por tanto, poco accesible para la mayoría de los productores de la zona. Además, al tener los huecos tan pequeños, eleva la temperatura dentro de la estructura e impide un buen intercambio gaseoso. Aguilar-García y Holguín-Peña (2013) reconocen que, una desventaja importante en el uso de estas mallas tan densas, es la aparición de enfermedades, principalmente fungosas, derivadas de la excesiva humedad debido a que la renovación del aire es limitada.

Según Teruel (2011), la superficie de ventilación puede reducirse hasta en un 60% con el uso de mallas más densas, lo cual aumenta los gradientes verticales de temperaturas bajo invernadero, con cultivos de tomate, entre 5 y 10% (Peeyush *et al* 2005). El intercambio de aire entre el interior y el exterior del invernadero influye en los parámetros ambientales como temperatura, humedad relativa y CO<sub>2</sub>, y afecta el desarrollo y producción del cultivo (Castillo 2012).



El uso de un sarán blanco hubiera sido una mejor opción, pues cuenta con poros más grandes que la malla antiáfidos y la tela blanca refleja la luz solar, con lo que ayuda a mantener un ambiente fresco. Sin embargo, no estaba disponible en el comercio local.

### **10.5. Preparación de terreno**

La utilización de camas o eras a estilo abonera, con gallinaza compostada y estiércol de ganado solarizado, permitió mantener más tiempo la humedad del suelo y aprovechar de mejor manera sus nutrientes. Noriega *et al* (2001) indican que el uso de estiércol de diversos animales es una práctica conocida en diversas partes del mundo que ayuda a restituir los nutrientes al suelo. Por su parte, Vázquez *et al* (2007) señalan que la presencia adecuada de estiércol en el suelo mejora la capacidad buffer, enriquece la capacidad de intercambio catiónico, mejora la estructura del suelo evitando la erosión y permite el desarrollo de su micro y macro – fauna benéficas. Gonzálvez y Pomares (2008) citan que el uso de materia orgánica es fundamental para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

### **10.6. Instalación de sistema de riego**

La instalación de riego por goteo en las tres parcelas permitió establecer y desarrollar los cultivos, y mejoró su productividad. No obstante, los costos de producción de estos sistemas variaron de \$110.89 en Icalupe a \$ 303.48 en la comunidad de El Chinchal. Este último costo está relacionado con la necesidad de transportar el agua desde otro punto de la finca, debido a que el reservorio se quedó sin líquido (Anexo 6). Para la FAO (2013), una de las ventajas principales de implementar un sistema de riego por goteo es el bajo costo de inversión, pues el diseño tiene un valor hasta de un 60% menos que el convencional. Este sistema, desde el punto de vista climático, es ideal para condiciones secas y semisecas, y sirve de apoyo suplementario a las necesidades del agua de los cultivos. Así, contribuye positivamente con la adaptación al cambio climático y mejora los niveles de producción y de la siembra continua.

Implementar un sistema de riego por goteo no está al alcance de todas las familias rurales en zonas con problemas de sequía, debido a su alto costo de inversión (Anexo 8). Bendaña (2012) indica que una de las mayores limitaciones es la disponibilidad del agua, ya que la mayor parte de las familias rurales se concentran en zonas secas, las cuales se caracterizan por no disponer de agua subterránea y por contar con pocos ríos para el riego agrícola. De igual forma, el factor económico es fundamental para establecer tecnologías de cosechas de agua lluvia, riego por goteo, etc. Por lo tanto, el apoyo gubernamental o de alguna ONG es importante para que las familias puedan producir alimento utilizando dichas tecnologías.

## **10.7. Trasplante y estaquillado**

El trasplante de los tres cultivos, en el mes de marzo, permitió un rápido crecimiento de los materiales sembrados bajo casa malla, pero afectó seriamente el desarrollo de las plantas que crecieron a cielo abierto. Estas últimas sufrieron estrés y deshidratación, debido a las altas temperaturas predominantes en la zona de Somoto, que marcaron 34°C, y una humedad relativa de 69%, según la estación de Ocotlán. Sus resultados demuestran que, para este tipo de cultivos, es necesario el uso de una cubierta de protección durante las tres primeras semanas o bien hasta después de la primera fertilización. Además, se requiere un riego adecuado mediante un sistema de riego por goteo.

El tutorado o estaquillado en los diferentes cultivos se realizó cuando las plantas alcanzaron los 30 cm de altura. Su uso facilitó el crecimiento vertical, lo cual favoreció, a su vez, las labores culturales. Además, permite una mejor disposición de las hojas para aprovechar la energía lumínica y una mayor ventilación (lo cual promueve una menor incidencia de plagas y enfermedades), facilita la cosecha y permite el uso de mayores densidades de población para obtener altos rendimientos de frutos de mayor calidad (Casilimas *et al* 2012).

Respecto del tutorado, López (2003) y Navarro (2006) mencionan que es una práctica para conducir plantas en forma vertical, al tomar en cuenta su hábito de crecimiento trepador e indeterminado. Tiene el objetivo de mejorar la aireación y la luminosidad incidente, la menor influencia de enfermedades, el color y forma de frutos más homogénea, mayores densidades de población y facilidad en la cosecha. Además, los autores indican que el objetivo de esta práctica es mantenerse en niveles de calidad superiores al 85%, al eliminar los frutos de los brotes axilares y seleccionar la producción.

Gutiérrez *et al* (2014) estudian sistemas de tutorado en pepino bajo agricultura protegida. Concluyen que esta técnica, con malla y rafia, produce mayores rendimientos y una calidad uniforme en fruto (67,91 y 60,03t·ha<sup>-1</sup>), comerciales (88,92 y 80,89t·ha<sup>-1</sup>) y total (94,76 y 88,61t·ha<sup>-1</sup>). En piso, la calidad disminuyó, pues aumentó el rendimiento de frutos decolorados (3.63t·ha). Con el tutorado bajo malla sombra, en clima cálido subhúmedo, se producen las condiciones para lograr mayores rendimientos de frutos de calidad.

## **10.8. Crecimiento y desarrollo del material vegetativo utilizado**

La variedad de chile dulce (Nathalie) presentó crecimiento indeterminado, con un ciclo vegetativo de 90 días de siembra a cosecha, frutos de forma triangular y un tamaño de 10 cm a 15 cm de largo y 6 a 8 cm de diámetro. La variedad de pepino (Dasher II) presentó crecimiento indeterminado a los 80 ddt entre 2.75 a 3.10 cm de altura, con un ciclo vegetativo de 60 días. La cosecha se inicia a los 45 ddt. Los frutos son de color verde oscuro y presentan rangos de tamaño de 20 cm de largo y 3 cm. de diámetro. La variedad de tomate (L-7), conocida en

Managua con el nombre de INTA, se caracteriza un peso promedio de 0.39 kg por fruto, una altura intermedia y un follaje de densidad intermedia. El color externo del fruto no maduro es verde claro, y su pulpa con un rojo intenso cuando madura. Actualmente, se está distribuyendo comercialmente, por ser una variedad industrial y presentar resistencia al virus TY2.

En ese sentido, la casa malla Icalupe (Familia Flores Sánchez) refleja mejor adaptabilidad, mayor crecimiento y desarrollo de los cultivos (chile dulce, tomate y pepino) durante los periodos secos, en los meses de marzo a julio, en comparación con casa malla El Chinchal (Familia Montoya Moncada). En esta última, la respuesta de los materiales pudo estar influenciada por efectos de temperaturas elevadas, déficit de agua en riego, falta de ventilación, alta humedad relativa y, posiblemente, alta concentración de dióxido de carbono (Cuadro 10). Este crecimiento y desarrollo de los cultivos está influenciado por el clima, donde los procesos de fotosíntesis, respiración, división y expansión celular, y toma de nutrientes y agua, se ven modificados principalmente por la temperatura, luminosidad, humedad, concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y concentración de oxígeno (O<sub>2</sub>) (López *et al* 2001) citado por (Jaramillo Noreña *et al* (2012). Para PRONAT (2010), las condiciones climáticas tienen un efecto fuerte y rápido sobre el desarrollo de las plantas (fotosíntesis - transpiración) e inducen un estrés que se refleja en la producción.

**Cuadro 10.** Crecimiento y desarrollo del material vegetativo utilizado.

<b>Crecimiento y desarrollo del material vegetativo utilizado</b>					
<b>Casa-malla</b>	<b>Cultivo</b>	<b>10 ddt</b>	<b>30 ddt</b>	<b>80 ddt</b>	<b>120 ddt</b>
<b>Icalupe</b>	Tomate	19.08 cm	82.75 cm	141.00 cm	190.00 cm
	Chile	16.42 cm	46.50 cm	110.00 cm	152.00 cm
	Pepino	19.04 cm	250.00 cm	315.00 cm	----
<b>Casa-malla</b>					
<b>El Chinchal</b>	Tomate	14.97 cm	62.17 cm	124.00 cm	175.00 cm
	Chile	15.27 cm	44.42 cm	109.00 cm	152.00 cm
	Pepino	13.23 cm	215.00 cm	275.40 cm	----
<b>Testigo (Cielo abierto)</b>	Tomate	10.79 cm	40.10 cm	85.45 cm	94.25 cm
	Chile	11.00 cm	18.91 cm	----	----
	Pepino	10.63 cm	130.89 cm	155.00 cm	----

## 10.9. Fertilización

Los análisis de suelo mostraron un rango de suelos que va de franco a franco arcillosos (Cuadro 11), aptos para la producción de chile dulce, tomate, y pepino. Navarro Bravo *et al.* (2008) señalan que la calidad física del suelo se asocia con el uso eficiente del agua, los

nutrientes y los pesticidas, lo cual reduce el efecto invernadero y conlleva un incremento de la producción agrícola (Lal 1998).

**Cuadro 11.** Análisis físico de suelo (parcelas) evaluadas en la investigación.

Parcelas/Familia	Partículas			Clase Textural
	Arcilla %	Limo%	Arena %	Rangos
Flores Sánchez	27.2	48	24.8	Franco
Montoya Moncada	35.2	32	32.8	Franco Arcilloso
Beltrán	29.2	30	30.8	Franco arcilloso

Los contenidos de materia orgánica en los suelos de cada parcela oscilaron desde 3.46% hasta 2.14%. Por su parte, la muestra tomada en la parcela (testigo) se mantiene en el mismo rango (2.87%) (Cuadro 12). Estos resultados se pueden atribuir a la incorporación de estiércol de ganado en el suelo de la parcela a cielo abierto, lo cual implica también que este es de calidad para el cultivo de chile dulce, pepino y tomate.

Es importante implementar el uso de materia orgánica en las fincas productoras del corredor seco de Nicaragua (Somoto), ya que constituye otra práctica agrícola que ayudaría a reducir la degradación y desertificación de los suelos por efectos de las altas temperaturas registradas con la sequía. La materia orgánica resulta fundamental en la búsqueda de la sustentabilidad en la agricultura (Johnston *et al* 2009). De igual forma, Vázquez *et al* (2011) encontraron resultados significativos en la evaluación del estiércol de ganado solarizado en la producción de chile jalapeño, donde un tratamiento de 40 Mg·ha<sup>-1</sup> de estiércol solarizado promovió el mayor rendimiento. El valor de los nutrientes en el estiércol se debe tener muy en cuenta. Sánchez *et al* (2011) cita a Crespo y Fraga, (2006), señala que una tonelada de estiércol típico (de vaca), con un contenido aproximado de 50% de humedad, contiene alrededor de 42 kg de nitrógeno (N), 18 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 26 kg de K<sub>2</sub>O.

Finalmente, en las parcelas para producir tomate, chile dulce y pepino bajo casa malla, la disponibilidad de macro elementos de los suelos se encuentra en un rango medio. En contraste, el testigo a cielo abierto en la finca de la familia Beltrán presenta una alta disponibilidad de fósforo.

**Cuadro 12.** Contenido de macro elementos en los diferentes tipos de suelo (parcelas) evaluadas.

Parcela/Familia	Rutina				Bases		
	pH	MO	N	P-disp.	K-disp.	Ca-disp.	Mg-disp.
	H2O	%		Ppm	me/100g suelo		
Flores Sánchez	6,29	3,46	0,17	3,51	0,28	14,10	3,07
Montoya Moncada	6,54	2,14	0,11	1,94	0,21	20,12	4,46
Beltrán	7,33	2,87	0,14	27,05	0,26	37,75	7,87

### 10.10. Manejo fitosanitario

El cuadro 13 muestra las principales enfermedades y plagas que se presentaron en casa malla, así como los principales desórdenes fisiológicos y nutricionales en los tres cultivos. En casa malla Icalupe, en el cultivo de tomate, se encontró que las enfermedades y plagas de mayor importancia económica fueron *Alternaria (Alternaria Solani)*, la cual se mantuvo durante todo el ciclo del cultivo después del primer amarre. Por su parte, en el cultivo de pepino, se presentó mildiu (*Pseudoperonospora sp*). El chile dulce presentó mildiu polvoriento causado por Oídio (*Leveillula taurica*) a los 100 ddt, con una baja incidencia debido a controles oportunos. Es importante destacar que, en términos generales, el manejo y control oportuno de plagas y enfermedades en la casa malla de Icalupe mantuvo bajos niveles de daños, los cuales se tradujeron en buenos rendimientos para los tres cultivos.

En el Chinchal, en el cultivo de tomate, después del primer amarre, se presentó *Alternaria (Alternaria Solani)*, aunque sus efectos no fueron graves y se aplicaron controles oportunos. En el cultivo del pepino, se presentó mildiu (*Pseudoperonospora sp*) como problema principal. Esta enfermedad fue visible a partir de los primeros estadios de fructificación, aunque no llegó a afectar severamente la producción. Para el cultivo de chile dulce, la principal enfermedad fue el oídio (*Leveillula taurica*), la cual provocó defoliaciones severas en hojas y quemaduras en los frutos, al quedar expuestos a las altas temperaturas, y generó importantes pérdidas en la cosecha. Esta es una enfermedad típica de climas cálidos que se desarrolla favorablemente bajo condiciones de temperatura de 20 - 25 °C y 50 - 70% de humedad relativa (Bautista 2008).

Es importante notar que en esta finca hubo un ataque severo de gusano cogollero dentro de la casa malla, provocado sobre todo por un orificio que se produjo en la malla. Esta respuesta coincide con una alta población de mariposas que se observaron cerca de la casa malla 105 días después del trasplante, plaga que no se había presentado al momento de levantar la malla antiáfidos para hacer la ventilación forzada. El ataque produjo gran cantidad de daños en fruto, aunque pudo ser controlada con las aplicaciones respectivas según recomendaciones técnicas.

El testigo presentó mayor incidencia de plagas y enfermedades en comparación con casa malla en ambas comunidades (Icalupe y El Chinchal) (Cuadro 13). El cuadro 13 muestra, además, los desórdenes fisiológicos y nutricionales dentro de la casa malla en ambas localidades, donde se encuentra mayor daño en el testigo en el mes abril, a partir de los 50 ddt, por efectos de las altas temperaturas (29 °C) y déficit hídrico. Las temperaturas elevadas producen desórdenes fisiológicos en los frutos como la reducción del cuajado. Sato *et al.* (2000) indican que la liberación del polen y su viabilidad pueden ser los factores más determinantes en el cuajado de fruto a altas temperaturas. Otras alteraciones producidas por la temperatura elevada son la formación de frutos partenocárpicos, la maduración prematura del fruto o la maduración desigual. Esta última se caracteriza por la presencia de zonas verdes sobre la pared del fruto y de zonas suberosas oscuras bajo la piel, que se asocia a niveles bajos de radiación y contrasta con temperaturas excesivas (FAO 1988).

En relación con los desórdenes fisiológicos, el asurado se manifestó en los frutos jóvenes de pepino bajo casa malla en periodos de altas temperaturas con bajas humedades relativas, por efecto de mayor concentración de CO<sub>2</sub>. Las temperaturas elevadas aumentan el desarrollo y crecimiento de follaje, y provocan una excesiva transpiración de la planta. El asurado con mayor daño de frutos jóvenes se produjo en casa malla Icalupe.

En términos generales, la plaga de mayor importancia para el cultivo de tomate fue la mosca blanca; no obstante, su incidencia dentro de casa malla y el testigo fue baja debido a los controles que se ejercieron en ambas parcelas. Además, la zona, al ser ganadera, no presenta gran cantidad de hospederos para dicha plaga. Cuellar y Morales (2006) citan que, uno de los principales factores que han incidido en el desarrollo de mayores poblaciones de mosca blanca en regiones de América Latina, es la gran diversidad de cultivos, la cual proporciona una mayor disponibilidad de hospederos para la mosca blanca y contribuye a un aumento en el uso de agroquímicos. Por esta razón, un componente estratégico importante para mejorar la productividad y promover la seguridad alimentaria mundial es la inversión en prácticas de gestión de plagas, que mantengan el equilibrio natural y reduzcan la dependencia de los plaguicidas (OIEA s f).

**Cuadro 13.** Principales problemas fitosanitarios en la producción bajo casa malla y a cielo abierto en diferentes periodos.

<b>Cultivo</b>	<b>Familia Flores Sánchez Icalupe</b>	<b>Familia Montoya Moncada El chinchal</b>	<b>Testigo cielo abierto</b>	<b>Desórdenes fisiológicos o nutricionales en casa malla y testigo</b>
<b>Evaluación 15-30ddt</b>				
Tomate (24ddt)	<i>Cenicilla (Oidiopsis taurica)</i>	<i>Cenicilla (Oidiopsis taurica)</i>	<i>Cenicilla (Oidiopsis taurica)</i>	----
Chile (15ddt)	----	----	Pudrición de tallo, <i>Pithium sp</i> , Arrieras	----
Pepino	----	----	----	----
<b>Evaluación 30-60 ddt</b>				
Tomate (50ddt)	Mancha de <i>Alternaria (Alternaria solani)</i>	Mancha de <i>Alternaria (Alternaria solani)</i>	Mancha de <i>Alternaria (Alternaria solani)</i> , <i>Minador del follaje</i> Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> )	Pudrición apical del fruto o culillo
Chile	----	----	----	----
Pepino (55 ddt)	Mildiu ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> )	Mildiu ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> )	Mildiu ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> ), Arrieras	Asurado
<b>Evaluación 60-90 ddt</b>				
<b>Tomate (60ddt)</b>	Mancha de <i>Alternaria (Alternaria solani)</i>	Mancha de <i>Alternaria (Alternaria solani)</i>	Mancha de <i>Alternaria (Alternaria solani)</i>	Frutos con maduración manchada, Placenta al descubierto

			Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> )	Frutos perforados
<b>Chile</b>	-----	-----	-----	
<b>Pepino (70 ddt)</b>	Mildiu ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> )	Mildiu ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> )	Mildiu ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> )	----
<b>Evaluación 90-120 ddt</b>				
<b>Tomate</b>	Mancha de Alternaria ( <i>Alternaria solani</i> )	Mancha de Alternaria ( <i>Alternaria solani</i> )  Gusano cogollero	Mancha de Alternaria ( <i>Alternaria solani</i> )  Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> )	Frutos perforados pequeños
<b>Chile (100 ddt)</b>	Mildiu polvoriento( <i>Leveillula taurica</i> )	Mildiu polvoriento ( <i>Leveillula taurica</i> )	-----	Grietas y maduración manchada en fruto
<b>Pepino</b>	Mildiu ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> )	Mildiu ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> )	Mildiu ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> )	----



### **10.11. Control de malezas**

Tanto en el testigo como dentro de la casa malla, predominaron las malezas de hoja angosta y ancha, con mayor agresividad de la especie Cardosanto (*Argemone mexicana*). Estas fueron controladas de forma manual. Según Blanco (2012), las malezas o arvenses representan uno de los problemas severos de la agricultura mundial, ya que su acción invasora facilita su competencia con los cultivos a la vez que pueden comportarse como hospederas de plagas y enfermedades. Para Altieri (1996), con el manejo adecuado de arvenses (malezas), se consigue proteger los suelos contra la erosión, regular las aguas de escorrentía, conservar la biodiversidad genética y reducir los costos de los desyerbes hasta un 85 %.

### **10.12. Rendimiento**

Se encontró una diferencia en rendimiento en las tres fincas. La finca de Icalupe presentó una mayor producción de tomate, y pepino. Por su parte, la finca de El Chinchal tuvo mayor producción en chile dulce, pero frutos de baja calidad por una alta incidencia de oidio. Esta ocasionó una defoliación severa en las plantas a pesar de los controles preventivos (cuadro 14). Es importante destacar que la producción bajo casa malla fue siempre superior a la que se obtuvo en la parcela sembrada a cielo abierto. Esa diferencia en rendimientos pudo estar influenciada por factores climáticos de la zona como temperatura, humedad relativa, concentración de CO<sub>2</sub> ventilación y el tipo de estructura, así como el riego aplicado, los cuales afectaron el desarrollo y crecimiento de las plantas. Por otro lado, durante los 2 primeros meses de cosecha de tomate en casa malla El Chinchal, la producción se retardó por un déficit de agua y factores climáticos. De acuerdo con Heuvelink y Dorais (2005), la temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo de tomate se sitúa entre 18 y 25 °C. La reducción en el crecimiento se asocia a la disminución de la fotosíntesis neta y de la translocación y distribución de asimilados. La pérdida de producción depende en gran medida del tiempo de exposición a altas temperaturas.

**Cuadro 14.** Rendimientos obtenidos bajo estructura casa-malla en Icalupe, Casa-malla El Chinchal y a cielo abierto (Icalupe).

Rendimientos obtenidos bajo estructura casa-malla en Icalupe, casa-malla El Chinchal y a cielo abierto (Icalupe).				
<b>Familia</b>	<b>Tomate 60 ddt</b>	<b>Pepino45 ddt</b>	<b>Chile dulce 55 ddt</b>	<b>Utilizado para consumo familiar (mezcla de los tres cultivos)</b>
Flores Sánchez - Icalupe	417.00 kg	698 uds.	748 uds.	<b>70 kg</b>
Montoya Moncada - El chinchal	210.50 kg	623 uds.	774 uds.	<b>87 kg</b>
Flores Sánchez (Testigo cielo abierto)	180.00 kg	437 uds.	-----	<b>25 kg</b>

Jarma *et al* (2012) manifiestan que las altas temperaturas pueden disminuir o inhibir totalmente la germinación de polen, de semillas y afectar adversamente la fotosíntesis, la respiración, las relaciones hídricas, la estabilidad de las membranas y la regulación hormonal, entre otras.

Considerando que los cultivos de tomate y chile presentan un crecimiento indeterminado, y que las cosechas iban a continuar por un tiempo más después de terminar el presente trabajo, las estimaciones de cosecha dentro de la casa malla permitieron estimar la factibilidad técnica y económica del uso de la casa malla. Las proyecciones para estimación de cosecha bajo casa malla, en ambas localidades, se muestran en el cuadro 15.

**Cuadro 15.** Estimación de cosecha futura dentro de estructura casa malla.

Familia	N° frutos	N° botones	N° flores	Total frutos
Flores Sánchez				
Tomate	1072	564	554	2150
Chile	818	513	615	1946

Familia	N° frutos	N° botones	N° flores	Total frutos
Montoya Moncada				
Tomate	1379	59	64	1502

La información muestra que, al darse un manejo adecuado a los cultivos, el rendimiento puede ser muy alto, lo cual justifica los costos de inversión para este primer año. Para Jaramillo Noreña *et al* (2012), las estructuras protegidas constituyen una opción para asegurar no solo la alta calidad de los cultivos, sino el buen rendimiento en la producción; mientras que en campo abierto es difícil mantener los cultivos de una manera perfecta a lo largo de todo el año. Adlercreutz *et al* (2014) muestran que con agricultura protegida se logra aumentar los rendimientos 3 a 5 veces más que en campo. Adicionalmente, se consigue una producción de mayor calidad (limpieza, sanidad, uniformidad), mayor eficiencia en el uso del agua, mayor facilidad para la organización de las actividades y mejores condiciones para emplear criterios de control integrado de plagas y enfermedades. Con estas ventajas, puede obtenerse un mejor control de plagas y enfermedades, con menor impacto ambiental y la posibilidad de realizar más cultivos al año en la misma superficie.

En el cuadro 16, se muestran los retornos sobre la inversión (**RSI**) para casa malla Icalupe (familia Flores Sánchez) y casa malla El Chinchal (familia Montoya Moncada) cultivado con tomate, chile dulce, y pepino en un primer ciclo de siembra. Se indican la producción obtenida, la estimación de cosecha futura, los precios por venta, los ingresos por venta y costos de producción para todos los cultivos establecidos bajo casa malla. En dicho cuadro, se aprecian grandes diferencias entre los rendimientos obtenidos bajo casa malla Icalupe en comparación con casa malla El Chinchal. De igual manera, se presentan diferencias entre los rendimientos obtenidos bajo estructura casa malla y los rendimientos bajo cielo abierto (testigo), mostrados en el cuadro 17.

Es importante destacar que cultivo del tomate, bajo agricultura protegida, incrementó los rendimientos en la zona de Icalupe y se obtuvieron 52.19 kg de tomate por m<sup>2</sup>. En contraste, a cielo abierto, la producción fue de 28.13 kg/m<sup>2</sup>. Para el cultivo de chile dulce, esta misma casa malla produjo 421 frutos/m<sup>2</sup>, mientras que a cielo abierto el cultivo murió antes de la cosecha.

La información sobre la recuperación de la inversión en casa malla se muestra en el cuadro 16. Vale recalcar que el ciclo de cultivo en túneles es de 6 meses (para tomate y chile). Los resultados muestran que la recuperación sería más rápida en la casa malla Icalupe que en El Chinchal, debido a bajos rendimientos en los cultivos establecidos, precio de venta, altas temperaturas, altas humedades relativas, déficit de agua en el riego, falta ventilación y altas concentraciones de CO<sub>2</sub>. El cultivo de tomate muestra una recuperación más rápida sobre la inversión que el cultivo de chile. Aunque en el cultivo del pepino se lograron excelentes rendimientos, no se logra amortizar la inversión de la casa malla en el primer ciclo de producción, básicamente, porque se trabaja con un ciclo de producción de 120 días. Además, los precios de mercado para este producto son muy bajos.

Los datos presentados consideran la venta del 85% de la producción al precio estipulado y un 15% generado en uso de hogar. Debe tomarse en cuenta que estas inversiones se consideran viables siempre y cuando se cuente con un mercado asegurado.

**Cuadro 16.** Factibilidad técnica y económica de casa malla en la zona de Icalupe y El Chinchal, en el Municipio de Somoto, Departamento de Madriz, Nicaragua.

Factibilidad técnica y económica de casa malla en la zona de Icalupe y El Chinchal									
Casa malla Icalupe Familia Flores Sánchez	Área m <sup>2</sup> /era	Producción Obtenida + Estimada	Precio/ venta *	Ingreso/ venta/córdobas	Ingreso/ venta/dólar	Costo – producción/ dólar **	Ganancia neta	Inversión(año infraestructura/56 m <sup>2</sup> Tamaño casa malla ***	(Retorno sobre la inversión) RSI
Tomate	6.40	2,567.00 kg	7 córdobas / kg	17,969.00 córdobas	\$ 665.52	\$ 139.45	\$ 526.07	\$ 38.57	12.64
Chile dulce	6.40	2,694.00 uds.	4 córdobas / uds.	10,776.00 córdobas	\$ 399.11	\$ 139.45	\$ 259.66	\$ 38.57	5.73
Pepino	6.40	698.00 uds.	3 córdobas / uds	2,094.00 córdobas	\$ 77.56	\$ 139.45	\$ - 61.89	\$ 38.57	- 2.60
<b>Total</b>	<b>19.20</b>			<b>30,839.00 córdobas</b>	<b>\$ 1,142.19</b>	<b>\$ 418.35</b>	<b>\$ 723.84</b>	<b>\$ 115.71</b>	<b>5.26</b>
Casa malla El Chinchal Familia Montoya Moncada	Área m <sup>2</sup> /era	Producción Obtenida + Estimada	Precio venta *	Ingreso por venta	Ingreso/ venta/dólar	Costo – producción/ dólar **	Ganancia neta	Inversión(año infraestructura/56 m <sup>2</sup> Tamaño casa malla ***	(Retorno sobre la inversión) RSI
Tomate	6.40	1712.50 kg	5 córdobas / kg	8,562.50 córdobas	\$ 317.13	\$ 139.45	\$ 177.68	\$ 38.57	3.61
Chile dulce	6.40	774.00 uds.	3 córdobas / uds	2,322.00 córdobas	\$ 86.00	\$ 139.45	\$ - 53.45	\$ 38.57	- 2.39
Pepino	6.40	623.00 uds.	3 córdobas / uds	1,869.00 córdobas	\$ 69.22	\$ 139.45	\$ - 70.23	\$ 38.57	- 2.82
<b>Total</b>	<b>19.20</b>			<b>12,753.50 córdobas</b>	<b>\$ 472.35</b>	<b>\$ 418.35</b>	<b>\$ 54.00</b>	<b>\$ 115.71</b>	<b>- 0.53</b>

\*Los precios de venta de casa malla son producto del promedio de precios ponderados de las ventas de frutos de primera calidad y segunda calidad.

\*\* El costo de producción por primer ciclo de cultivo fue de \$ 418.35 por casa malla y \$ 139.45 en manejo de cultivo.

\*\*\* La inversión fue estimada con una utilidad de \$ 578.52 en 5 años y un costo de inversión por año de 115.71 dólares, donde a cada cultivo se le carga un costo (\$38.57) en el manejo de infraestructura (casa malla).

**Cuadro 17.** Factibilidad técnica y económica de cultivos establecidos a cielo abierto, en el Municipio de Somoto, Departamento de Madriz, Nicaragua.

Cielo abierto (Testigo)	Área m <sup>2</sup> /eras	Producción	Precio/venta/córdobas *	Ingreso/venta/córdobas	Ingreso/venta/dólar	Costo producción/ dólar **	Ganancia neta
Tomate	6.40	180 kg	5 córdobas/ kg	900.00 córdobas	\$ 33.33	\$ 139.45	\$ - 106.12
Pepino	6.40	437 uds.	3 córdobas/ uds.	1,311.00 córdobas	\$ 48.56	\$ 139.45	\$ - 90.89
Total	12.80			2,211.00 córdobas	\$ 81.89	\$ 278.90	\$ - 197.01

\*Los precios de venta a cielo abierto son producto del promedio de precios ponderados de las ventas.

\*\* El costo de producción (tomate y chile dulce) a cielo abierto en el primer ciclo de cultivo fue de \$ 278.90 y \$ 139.45 en manejo de cultivo.

### 10.13. Comercialización

Somoto se caracteriza por la venta libre de productos de hortalizas, donde existen mayoristas y revendedores. El 75% del producto proviene del Departamento de Estelí, de la comunidad de Pueblo Nuevo, donde hay aproximadamente 500 manzanas para producción de hortalizas. De acuerdo con los productores, los alimentos de mejor calidad van directo al mercado de Managua y Estelí, mientras que los productos de rechazo son vendidos a revendedores a muy bajo precio y estos los distribuyen en el mercado de Somoto.

Esta dinámica anterior impide que un producto de calidad sea vendido a un precio justo en los meses secos. También, reduce las áreas cultivables en las comunidades rurales, pues el productor prefiere comprar en el mercado los productos a más bajo precio, antes que producir en su huerta o finca. Dado este comportamiento por mayor demanda en mercado, se podría considerar la época de siembra del cultivo de chile dulce, tomate y pepino en casa malla en los meses de mejor oferta, lo que implica iniciar la siembra en el mes de septiembre para cosechar en los meses de noviembre, diciembre, y enero, y procurar un mejor precio en el mercado.

Dixie (2006) sostiene que el éxito de la comercialización para todo productor es conocer y lograr equilibrio a largo plazo entre la oferta y la demanda. A menor precio, mayor demanda, a medida que los precios descienden eventualmente la oferta será menor (los agricultores producen menos alimento). Por el contrario, a mayor precio mayor será la oferta. La relación entre lo que la gente está dispuesta a comprar, y lo que los productores están dispuestos a cultivar a diferentes precios, conducirá finalmente a un equilibrio entre la oferta y la demanda.

FIDA (2011) sostiene que la integración entre los productores rurales pobres y los mercados es esencial para aumentar la producción agrícola, generar crecimiento económico en las zonas rurales y reducir el hambre y la pobreza. Cuando los pequeños productores mejoran el acceso a los mercados nacionales e internacionales, pueden vender con confianza una mayor parte de la producción a precios más elevados. Esto, a su vez, induce a los agricultores a invertir en sus propios negocios y aumentar la cantidad, calidad y diversidad de los bienes que producen.

Un hecho importante de destacar es que la familia Flores Sánchez creó su propio mercado en las comunidades de Las Hermanias y El Valle, en Icalupe, a 32 Km del Municipio de Somoto, lo que favoreció una mayor demanda de los productos (chile dulce, tomate y pepino). En contraste, a la familia Moncada se le dificulta comercializar su cosecha, debido a los bajos precios que oferta el mercado de Somoto.

Según Barrantes (2006), la experiencia en otras zonas tropicales del mundo sugiere, que para lograr el desarrollo sostenible de la agricultura marginal, se debe poner especial atención a retos tecnológicos, retos institucionales y retos en la formulación de políticas. De acuerdo con Fajardo (2015), se puede afirmar, con un 95% de confianza, que los agricultores que participaron

del PIH (Proyecto de Innovaciones Multisectoriales en Cadenas de Valor de Hortalizas Especiales en Trifinio) tienen en promedio 32% más probabilidades de adoptar cambios tecnológicos que aquellos que no participaron del proyecto.

#### **10.14. Inventario de buenas prácticas agrícolas**

La agricultura es una de las causas principales del cambio climático. Es responsable del 14% de las emisiones de gases efecto invernadero, principalmente, por la erosión de suelos, las prácticas de irrigación, el uso descontrolado de fertilizantes y otros agroquímicos, la quema de biomasa, etc. Por este motivo, los agricultores juegan un papel fundamental en la mitigación de los impactos negativos del cambio climático y se hace necesario capacitarlos en la aplicación de buenas prácticas agrícolas.

La encuesta realizada a los agricultores con los cuales se trabajó indica que hay muchas prácticas que no se aplican, situación que puede agravar la inseguridad alimentaria de sus familias. En el cuadro 18, se pueden observar qué prácticas se implementan y cuáles no, de una serie de prácticas recomendadas; lo cual fortalece la idea de que los productores en general necesitan un mayor acompañamiento. Para la Alianza por la Resiliencia (s.f), la metodología de “**Aprendizaje desde la Práctica**” es una manera efectiva de fortalecer la resiliencia en las comunidades vulnerables ante desastres, con base en la transferencia del conocimiento práctico. Este método incorpora el enfoque innovador integral de reducción del riesgo de desastre, adaptación al cambio climático y manejo y restauración de ecosistemas.

En ese sentido, se reconoce a las Escuelas de Campo (ECAS) como una alternativa innovadora a la extensión agrícola tradicional, pues se las concibe como un enfoque de desarrollo integral del capital humano en el campo mediante la creación de capacidades (Aguilar y Prins 2009). Es así como las ECAS del Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP) del CATIE, reconocen la necesidad de usar la gestión del conocimiento como punto de partida. Gutiérrez Montes *et al* (2012) reconocen que el MAP y sus proyectos en campo promueven las ECAS como un nuevo método de extensión con un enfoque de investigación acción participativa.

Otro principio es generar alianzas estratégicas incorporar a todos los actores vinculados al sector agropecuario en la toma de decisiones en el desarrollo local; lo cual constituye un gran paso para una comunidad más resiliente. Por otro lado, no solo están implicadas prácticas agrícolas de adaptación y mitigación. Un enfoque adaptado al funcionamiento socio ecológico de la comunidad, las redes de solidaridad y la implementación de mercados locales son decisivos en la resiliencia (Márquez 2013).



**Cuadro 18.** Prácticas implementadas por el productor en sus fincas a cielo abierto.

<b>BPA</b>	<b>Familia Flores Sánchez</b>	<b>Familia Montoya Moncada</b>	<b>Familia Beltrán</b>
Selección del terreno	Si	Si	Si
Utilización de agricultura protegida (Malla antiáfidos)	No	Si	No
Implementación de doble puerta control de seguridad	No	No	No
Incorporación de materia orgánica al suelo	Si	No	Si
Análisis físico químico del suelo	No	No	No
Análisis de calidad de agua para riego	No	No	No
Semillas criollas	Si	Si	No
Sistema de siembra adecuado	Si	Si	Si
Densidades de siembra adecuado	Si	Si	Si
Fertilización, adecuada y oportuna a través de un análisis de suelo	No	No	No
Conservación y uso de agua (sistema riego por goteo)	No	Si	Si
Rotación de cultivos	No	No	No
Diversificación de cultivo	No	No	
Programación de ciclo de cultivos	No	No	Si
Contaminación de las aguas con excretas de ganado	Si	Si	No
Control de maleza en forma oportuna	Si	No	No
Uso de barreras vivas	No	No	No
Aplicación de productos biológicos	No	No	No
Registro y documentación de Producción	No	Si	Si
Uso y manejo adecuado de agroquímicos	No	No	No
Uso de equipo de protección personal	No	No	No

En el cuadro 19, se observan las buenas prácticas agrícolas implementadas dentro de casa malla. Estas proporcionan soluciones prácticas y sostenibles, que combinan la producción de alimentos, protección del medio ambiente y la salud humana. Para la FAO (2004), las BPA constituyen una herramienta cuyo uso persigue la sustentabilidad ambiental, económica y social de las explotaciones agropecuarias, especialmente la de los pequeños productores subsistenciales. Esta meta debe traducirse en la obtención de productos alimenticios y no

alimenticios más inocuos y saludables para el autoconsumo y el consumidor. Izquierdo (2007), señala que el uso de buenas prácticas agrícolas es una alternativa de mitigación y adaptación para contribuir a un desarrollo sostenible, con la cual se obtienen productos sanos y de calidad, sostenibilidad y acceso a nuevos mercados, alta calidad (producto diferenciado), más ingresos, mejores precios por calidad.

**Cuadro 19.** Buenas prácticas agrícolas implementadas dentro de estructuras casa-malla.

<b>Casa malla</b>	<b>Buenas prácticas agrícolas incorporadas</b>
Icalupe El Chinchal	Utilización de agricultura protegida (Malla antiáfidos )
	Implementación de doble puerta control de seguridad
	Incorporación de materia orgánica en las camas o eras
	Análisis físico químico del suelo
	Variedades resistentes a plagas y enfermedades
	Sistema de siembra adecuado
	Densidades de siembra adecuada
	Fertilización, adecuada y oportuna a través de un análisis de suelo
	Conservación y uso de agua (sistema riego por goteo)
	Podas fitosanitarias oportunas
	Eliminación de los focos de infección
	Desinfección de herramientas
	Monitoreos semanales en manejo integrado de cultivo y manejo integral de plagas y enfermedades
	Control de maleza en forma oportuna
	Utilización de trampas adhesivas de color amarillo (mosca blanca y minador)
	Uso de barreras vivas (maíz)
	Aplicación de productos biológicos
	Registro y documentación de producción
Uso y manejo adecuado de agroquímicos	
Aplicación de bactericida después de la poda	

## 11. CONCLUSIONES

La tecnología de agricultura protegida de pequeña escala es accesible a los pequeños y medianos productores, siempre y cuando se acompañe de capacitación y asistencia técnica y se sigan las recomendaciones sobre construcción, ubicación y manejo de los materiales dentro de la estructura.

Para el cultivo del tomate, el uso de agricultura protegida incrementó los rendimientos en la zona de Icalupe y se obtuvieron 52.19 kg de tomate por m<sup>2</sup>. En contraste, a cielo abierto, la producción fue de 28.13 kg/m<sup>2</sup>. Para el cultivo de chile dulce, esta misma casa malla produjo 421 frutos/m<sup>2</sup>, mientras que, a cielo abierto, el cultivo murió antes de la cosecha.

Los problemas de falta de agua en la laguneta, mayor presencia de plagas y enfermedades, falta de ventilación en la casa malla, temperaturas altas y humedades relativas altas en la casa malla de El Chinchal, afectaron la calidad morfológica y sanitaria de los frutos; lo que impidió lograr un buen precio de venta.

La ventilación forzada, aplicada a la casa malla de Icalupe en época de floración y fructificación, permitió una mejor calidad y uniformidad de los frutos; lo que se reflejó en un mayor precio de venta obtenido por el productor. Esa ventilación se aplicó cuando las plantas ya estaban grandes y facilitó el ingreso de plagas y enfermedades; no obstante, estas fueron controladas a tiempo y no afectaron la calidad de los frutos.

La factibilidad técnica y económica de casa malla El Chinchal indica que el déficit de agua en el riego y su relación con factores climáticos dentro de la estructura, fueron los factores que ocasionaron bajos rendimientos en la producción y afectaron su rentabilidad.

En ambas localidades, se obtuvo altos rendimientos para el cultivo del pepino cultivado bajo casa malla.

El uso de malla antiáfidos no fue la mejor opción para cerrar la casa malla, ya que induce altas temperaturas, humedad relativa alta, altas concentraciones de CO<sub>2</sub> y poca ventilación; que obligaron a realizar una ventilación forzada en la fase final del desarrollo de los cultivos. Esta malla, además, tiene un alto precio, que la hace poco accesible a la mayoría de los productores de la zona.

El establecimiento de riego por goteo permitió un uso eficiente de la escasa agua disponible en las lagunetas.

La rentabilidad de la agricultura protegida en cultivos como chile dulce, tomate, y pepino depende de las curvas del comportamiento de precios nacionales, que permitan establecer, en lo posible, una buena dinámica de producción.

La producción de alimentos en el Municipio de Somoto requiere del uso de sistemas de cosecha de agua eficientes, que permitan un uso eficiente de este líquido y la obtención de alimentos de mayor calidad durante diferentes épocas de cultivo

## **12. RECOMENDACIONES**

Al implementar la tecnología de sistemas de cosecha de agua, se debe iniciar con un programa de conservación de suelos y agua, basado en el establecimiento de cobertura verde, como zacate estrella, uso de variedades resistentes a sequía, densidades de siembra adecuada, incorporación de materia orgánica, fertilización de suelo basada a un previo análisis de suelo, diversificación de cultivos (hortalizas, frutales, Agroforestería).

Para construir reservorios o lagunetas se deben realizar estudios hidrológicos (infiltración, precipitación, etc.) y estudios de suelo (calicatas y granulometría), basados en criterios de topografía del sitio y recomendaciones del productor.

Para reducir la contaminación del agua con excretas de ganados, es necesario construir piletas, abrevaderos o conducir el agua por gravedad para uso del componente de ganadería.

Los productores deben ejecutar una planificación de finca y dar, así, prioridad a un componente para darle mejor uso al agua de los reservorios en las actividades agropecuarias.

Se recomienda programar el ciclo de cultivo a la terminación del primer periodo lluvioso postrera con el fin de evitar pérdidas de cosecha y esperar la estabilización de las pocas lluvias.

Los productores deben llevar registros y documentación de las actividades realizadas en relación con los costos. De este modo, pueden determinar las utilidades de las actividades bajo agricultura protegida con mayor certeza.

Se sugiere tomar en cuenta el análisis financiero efectuado en el presente estudio para determinar la adaptabilidad y rentabilidad de los cultivos bajo casa malla en la zona de Icalupe y Chinchal.

Se recomienda incentivar la agricultura protegida de bajo costo con técnicas de cosecha de agua como alternativa de producción agrícola y seguridad alimentaria para la zona de Somoto Nicaragua, dado que esta presenta una mayor rentabilidad en producción, producción de

alimento en épocas críticas de sequía, promueve la reducción de plaguicidas y permite al productor competir en el mercado con costos menores de producción por kilogramos de producto.

Evitar el uso de malla antiáfidos, que impide un adecuado intercambio gaseoso y aumenta mucho la temperatura dentro de la casa malla. En lugar de malla antiáfidos, se recomienda el uso de sarán blanco, que permite una buena entrada de la luz, menores temperaturas y un mejor intercambio gaseoso.

Es importante que los productores aprendan a tomar datos de temperatura y humedad y utilicen herramientas de bajo costo para ese fin, con lo cual podrán tomar decisiones de manejo a tiempo.

Dentro de estructuras de agricultura protegida, es importante la rotación de cultivos entre familias y tipos de cultivos con el fin de romper los ciclos de plagas y enfermedades. Además, se debe mejorar el manejo y la conservación de suelo, con lo cual se reduce el empleo de fertilizantes inorgánicos.

El establecimiento de cultivo de pepino a cielo abierto se puede efectuar por siembra directa, ya que sufre estrés y deshidratación durante el trasplante.

De acuerdo con la mayor demanda en mercado, se podría considerar la época de siembra del cultivo de chile dulce, tomate y pepino en casa malla en los meses de mejor oferta. Esta medida implica iniciar la siembra en el mes de septiembre para cosechar en los meses de noviembre, diciembre, y enero, y procurar un mejor precio en el mercado.

### **13. BIBLIOGRAFIA**

2011. Acceso a los mercados: las cadenas de valor al servicio de la población rural pobre. Informe sobre la pobreza rural. FIDA.

s.f. "Aprendizaje desde la práctica" para crear comunidades resilientes en Nicaragua. Boletín Estudio de Caso no. 9. Alianza por la Resiliencia, Nicaragua.

2009. Memorias del Taller Compartiendo experiencias del CATIE en la implementación del enfoque ECAS: Como mejorar su calidad, cobertura e impacto. In: A. Aguilar and C. Prins, editors, Taller Compartiendo experiencias del CATIE en la implementación del enfoque ECAS: Como mejorar su calidad, cobertura e impacto. CATIE, Turrialba (Costa Rica).

2011. Estrategia Municipal de adaptación ante el cambio climático en Somoto-Madriz, Somoto (Nicaragua).

- Adlercreutz, E., D. Huarte R., A. López Camelo, E. Manzo, A. Szczesny and L. Viglianchino. 2014. Producción hortícola bajo cubierta. INTA, Buenos Aires (Argentina).
- Aguilar-García, M.d.J. and R. Holguín-Peña. 2013. Estrategias de manejo fitosanitario en agricultura protegida. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Baja California Sur (México).
- Alas, M. 2003. Estructura de costos, para la producción de hortalizas en invernaderos de la cuenca del Río Reventazón. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), Turrialba (Costa Rica).
- Altieri, M. and C. Nicholls. 2009. Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. LEISA revista de agroecología 14: página 5 a 8.
- Altieri, M.A. 1996. Ecología y manejo de malezas CEAS-ISCAH, La Habana (Cuba).
- Avendaño, N. 2015. Efectos de la sequía en la siembra de primera del ciclo agrícola 2015/2016. Nicaragua.
- Barquero, G. 2001. Producción en ambiente controlado, San José (Costa Rica).
- Barrantes, G. 2006. Agricultura Campesina, Comercialización y Sostenibilidad ¿Cómo hacer compatible estos elementos? Políticas Agrarias para el uso de la Tierra y la Seguridad Alimentaria: página 14.
- Bautista, F. 2008. Ficha n° 012. Oídio (*Leveillula taurica*). Fichas técnicas de Sanidad Vegetal. s.l.
- BCN (Banco Central de Nicaragua, Nicaragua). 2009. Memoria Anual 2008. Aspectos macroeconómicos.
- Bendaña, G. 2012. Agua, agricultura y seguridad alimentaria en las zonas secas de Nicaragua. 1 ed., Managua (Nicaragua).
- Casilimas, H., O. Monsalve, C.R. Bojacá, R. Gil, E. Villagrán, L.A. Arias, et al. 2012. Manual de Producción de Pepino bajo Invernadero, Bogotá (Colombia).
- Castillo Pérez, E. 2012. Valoración de la calidad y producción según el tipo de mallas en un cultivo de Cucurbita pepo L. cv. Canella Ingeniería Técnica Especial Horticultura y Jardinería, Escuela Politécnica Superior, Almería (España).
- Cuellar, M.E. and F.J. Morales. 2006. La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vectora de virus en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Colombiana de Entomología 32: página 1 a 9.
- Chan, W. and A. Jonathan. 2014. Estrategias climáticas para optimizar las condiciones de microclima para cultivos bajo invernadero Especialidad en Ingeniería de Invernaderos, Querétaro (México).

- Dixie, G. 2006. Comercialización de productos hortícolasFAO, Roma (Italia).
- FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations, Italia). 1988. Cultures protégées en climat méditerranéen.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 2004. Buenas prácticas agrícolas. Oficina Regional de la FAO para América Latina.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 2013. Tecnologías para el uso sostenible del agua: una contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia), IALCSH (Iniciativa América Latina y el Caribe Sin Hambre, Chile) and PESA (Programa Especial para la Seguridad Alimentaria en Centroamérica, Nicaragua). 2011. Centroamérica en cifras: datos de seguridad alimentaria nutricional y agricultura familiar. FAO, Roma (Italia).
- González, V. and F. Pomares. 2008. La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. Manual Técnico Fertilización y balance de nutrientes en sistemas agroecológicos, SEAE: página 1 a 23.
- Gutiérrez Montes, I., P. Imbach de, F. Ramírez, J. Payes, E. Say and K. Banegas. 2012. Las escuelas de campo del MAP-CATIE Práctica y lecciones aprendidas en la gestión del conocimiento y la creación de capacidades locales para el desarrollo rural sostenible, Turrialba (Costa Rica).
- Gutiérrez, V.M.O., Á.A.M. Lagunas, E.C. Román, J.M. Serna and M.R. López. 2014. El sistema de tutorado y poda sobre el rendimiento de pepino en ambiente protegido. Interciencia: página 712 a 717.
- Heuvelink, E. and M. Dorais. 2005. Crop Growth and YieldCABI Publisihing, Cambridge (EEUU).
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Nicaragua). 2012. Boletín meteorológico informativo. Dirección general de meteorología, Nicaragua.
- J., I. 2007. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para la Agricultura Familiar. Roma (Italia).
- Jaramillo Noreña, P., V. Rodriguez and M. Zapata. 2012. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidasCORPOICA, Bogotá (Colombia).
- Johnston, A.E., P.R. Poulton and K. Coleman. 2009. Soil Organic Matter: Its Importance In Sustainable Agriculture And Carbon Dioxide Fluxes. Advances In Agronomy: página 1 a 57.
- Lal, R. 1998. Soil quality and agricultural sustainability. Soil Quality and Agricultural Sustainability: página 3 a 12.
- Lin, B.B. 2007. Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. Agricultural and Forest Meteorology 144: página 85 a 94.

- López, Z.C.M. 2003. Cultivo del Pepino, El Salvador.
- MAGFOR (Ministerio de Agricultura y Forestal, Nicaragua). 2013. Plan de adaptación a la variabilidad y el cambio climático en el sector agropecuario, forestal y pesca en Nicaragua 2010-2015.
- Márquez Serrano, M. and F.R. Funes Monzote. 2013. Factores ecológicos y sociales que explican la resiliencia al cambio climático de los sistemas agrícolas en el municipio La Palma, Pinar del Río, Cuba. *Agroecología y cambio climático*: página 43 a 52.
- Navarro Bravo, A., B. Figueroa Sandoval, M. Martínez Menes, F. González Cossio and E.S. Osuna Ceja. 2008. Indicadores físicos del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. *Agricultura técnica en México* 34: página 151 a 158.
- Navarro de, T.S. 2006. Manejo de Cultivo en Invernadero, Sinaloa (México).
- Noriega, G. 2001 Producción de abonos orgánicos y lombricultura, Chiapas (México).
- OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica, Austria). s.f. Control y erradicación de las plagas de insectos. Programa de Cooperación Técnica, Vienna (Austria).
- Peeyush, S., M.S. Vilas and T. Hans-Jürgen. 2005. Effect of Screen Mesh Size on Vertical Temperature Distribution in Naturally Ventilated Tropical Greenhouses. *Agricultural Systems and Engineering* 92: página 469 a 482.
- PRONAT (Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola Bajo Agricultura Protegida, Costa Rica). 2010. Manejo de cultivos en Invernaderos con altas temperaturas. Boletín PRONAT 4.
- Sánchez, S., M. Hernández and F. Ruz. 2011. Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes* 34: página 375 a 392.
- Sato, S., M.M. Peet and J.F. Thomas. 2000. Physiological factors limit fruit set of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. under chronic, mild heat stress). *Plant Cell and Environment*: página 719 a 726.
- Teruel, M. 2011. Evaluación de nuevas mallas protectoras sobre la dinámica poblacional de insectos perjudiciales en el cultivo de calabacín bajo plástico, Almería (España).
- Tesi, R. 2001. Medios de protección para hortoflorofruticultura y el viverismo Ediciones Mundi-Prensa, Madrid (España).
- Toruño, P.J., J.L. Roque-Gómez and Z.A.V.N.p.a.D.e. Torres-Ríos. 2013. Acceptability and adoption of adaptative production systems in the watershed “El Guayabo, San José”, El Sauce Municipality, León. *La Calera* 12: página 52 a 60.
- Vargas, C.R. and J. Nienhuis. 2012. Cultivo protegido de hortalizas en Costa Rica. *Tecnología en Marcha* 25: página 10 a 20.



Vázquez, V., H. García, S. Salazar, M. López, C. Valdez, C. Orona, et al. 2011. Aplicación de estiércol solarizado al suelo ya la producción de chile jalapeño *Capsicum annum* L. Revista Chapingo 17: página 69 a 74.

"