

**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR**  
**ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**LICENCIATURA EN INGENIERIA AGRONOMICA**

**Determinación del potencial de una casa de sombra para la producción de tres hortalizas de hoja en El Águila de Pejibaye de Pérez Zeledón**

**Estudiante**  
Cindy Mora Fernández

**Heredia, Costa Rica**

Setiembre, 2020

Trabajo de graduación aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional, para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.

**MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR**

.....  
Ph. D Grace Wong Reyes  
Decana de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

.....  
Dr. Rafael Evelio Granados Carvajal  
Director de la Escuela de Ciencias Agrarias

.....  
Ingeniero, Félix Arguello Delgado  
Tutor

.....  
Ingeniero, Francisco Marín Thiele  
Lector

.....  
Cindy Mora Fernández  
Postulante

## RESUMEN

La agricultura se puede definir como el arte de cultivar la tierra y corresponde a una actividad que contempla cultivar el suelo, el desarrollo para la producción y la recolección de la cosecha; existen diferentes modalidades de producción, entre ellos está la producción bajo ambientes protegidos el cual permite aumentar al máximo la capacidad de producción de un cultivo, optimizando el ambiente, el manejo de la planta, el riego, la nutrición y la sanidad desde la germinación hasta la cosecha. Para esta investigación se planteó el objetivo de evaluar variables climáticas en la producción de tres hortalizas de hoja bajo condiciones de una casa sombra utilizando parámetros morfo fisiológicos y determinar el efecto de las condiciones climáticas internas sobre el rendimiento, en El Águila de Pejibaye de Pérez Zeledón. Se establecieron mini parcelas para la siembra por trasplante de culantro (var. Griffaton), lechuga (var. Bergam's Green) y apio (var. Triunf) en lo interno de la casa sombra y externo de la casa sombra y en la época seca y en la época lluviosa; se llevó un registro de los datos climáticos en lo interno y externo de la casa sombra, el manejo de las mini parcelas se realizó de forma cultural, biológico y químico, a todas las hortalizas después de la cosecha se le analizaron los valores de calidad, tamaño (cm) y peso (gr). Ambientalmente se determinó que la temperatura, luz y humedad incidentes interna y externamente de la casa sombra fueron favorables para el desarrollo de las hortalizas estudiadas y que la calidad de las tres hortalizas estudiadas se vio afectada principalmente en la época lluviosa y cuando se cultivaron en el exterior de la casa sombra, sin embargo, esta afectación no incidió directamente en la calidad del producto final, además indiferentemente de lugar y época de siembra en las tres hortalizas estudiadas los valores de altura y peso final no fueron afectados cuando se determinó calidad de venta.

## **Abstract**

Agriculture can be defined as the art of farm the land and correspond to an activity that contemplates working the soil, developing for the production and collecting food. There; exist different modalities of production, among them is the production under protected environments, which allows to increment the production capacity of a crop, optimizing the environment, the handling the plant, irrigation, nutrition and health from germination until harvest. The stated objective on this investigation was to evaluate the effect of internal climatic conditions on the overall performance and production of three leafy vegetables under a shadow house, using physiological and morphological parameters. Planting site as, located at El Águila, Pejibaye de Pérez Zeledón, San José Province of Costa Rica. Plots 1 x 1 m were established for coriander (var. Griffaton), lettuce (var. Bergam's Green) and celery (var. Triumph) inside and outside the shadow house, on the dry and rainy seasons. Data on relative humidity, temperature and photosynthetic light, were collected. Plant manage was made based on cultural, biological and chemical tools. Once harvested visible quality, size (cm), and weight (g) were recorded. It was determined that temperature, light and moisture, were favorable enough for the development of those leafy vegetables under both conditions studied. Quality on evaluated vegetables was mainly affected during the rainy season, mainly for those cultivated in the outside of the shadow house. Nevertheless, neither place nor season prevented the farmer to sell produce, so final characteristics were appropriate for a casual local market.

## **DEDICATORIA**

A Dios, quien bendice mis pasos y quien me ha dado la fuerza para culminar con éxito este proyecto. A mi padre que desde el cielo sé que es el Ángel que Dios destinó para nunca rendirme en el logro de mis metas; a mi madre que ha sido incondicional, porque su amor, ejemplo y compañía me ayudan a ser mejor y por supuesto a mi esposo y hermanos que me inspiran cada día para luchar y seguir adelante. Además, al profe Juan Rafael, quien inició conmigo este proyecto, pero no lo pudo culminar puesto que Dios decidió llamarlo ante su presencia.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios y a cada una de las personas que colaboraron en el proceso de construcción de este trabajo. Al profesor Juan Félix Arguello quien ha sido tutor de este proyecto; al ingeniero Francisco Marín quien me brindó la oportunidad de desarrollar el tema de trabajo y colaboró como lector. De grato recuerdo, al Profesor Juan Mora (QDG) con quien se emprendió este reto. Al señor Jesús Vega, quien muy amablemente me prestó las instalaciones de su casa sombra y me apoyo en el cultivo de las plantas. A Yeudin, quien siempre me acompañó en las visitas y en la cosecha de los cultivos.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
OBJETIVO GENERAL.....	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
HIPÓTESIS .....	5
<b>II. MARCO TEORICO</b> .....	<b>6</b>
1. AGRICULTURA PROTEGIDA ASPECTOS GENERALES.....	6
2. FACTORES CLIMÁTICOS QUE AFECTAN EN EL DESARROLLO DE LOS CULTIVOS.....	8
3. CAMBIO CLIMÁTICO .....	11
4. CULTIVOS HORTÍCOLAS DE HOJA QUE SE UTILIZARAN EN LA INVESTIGACIÓN.....	12
4.1. Lechuga ( <i>Lactuca sativa L</i> ): .....	12
4.2. Culantro castilla ( <i>Coriandrum sativum L</i> ).....	13
4.3. Apio ( <i>Apium graveolens</i> ).....	14
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	<b>15</b>
1. UBICACIÓN.....	15
2. CARACTERÍSTICAS DE LA CASA SOMBRA .....	15
3. MATERIAL VEGETAL .....	16
4. DISEÑO.....	16
5. ESTABLECIMIENTO DE MINI PARCELAS .....	17
5.1. Preparación del terreno .....	17
6. MANEJO DE MINI PARCELAS .....	19
6.1. Manejo cultural:.....	19
6.2. MANEJO BIOLÓGICO: .....	19
6.3. Manejo químico: .....	19
7. COSECHA .....	20
8. REGISTRO DE LAS VARIABLES AMBIENTALES .....	20
9. VARIABLES EVALUADAS .....	21
- CULANTRO CASTILLA .....	22
11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN PRÁCTICA DE LOS RESULTADOS .....	23
<b>I. CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES AMBIENTALES EN LA CASA SOMBRA</b> .....	<b>24</b>
1. LUZ FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA (PAR), TEMPERATURA (T) Y HUMEDAD RELATIVA (HR).	
.....	24
1.1 Época seca.....	24
1.2 Época lluviosa.....	26

II. RESPUESTA AGRONÓMICA.....	29
<i>Culantro</i> .....	29
<i>Lechuga</i> .....	32
<i>Apio</i> .....	34
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>39</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>41</b>
<b>VI. REFERENCIAS .....</b>	<b>42</b>
<b>VII. ANEXOS.....</b>	<b>47</b>

## **TABLA DE CUADROS**

Cuadro 1. Variable descriptiva de la radiación solar y sus unidades de medición.....	9
Cuadro 2. Productos químicos utilizados en producción de hortalizas de hoja. ....	20
Cuadro 3. Valoración de longitud y peso del culantro al momento de la cosecha, comparados por las normas estándar.....	30
Cuadro 4. Valoración de longitud y peso de la lechuga al momento de la cosecha, comparados por las normas estándar. ....	32
Cuadro 5. Valoración de longitud y peso del apio al momento de la cosecha, comparados por las normas estándar. ....	35
Cuadro 7. Pruebas T (peso-altura) para el cultivo de apio en época seca y lluviosa.....	50
Cuadro 9. Pruebas T (peso-altura) para el cultivo de lechuga en época seca y lluviosa. ....	51

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Diseño de las mini parcelas ubicadas en las eras en el interior y exterior de la casa sombra. ....	17
Figura 2. Almacigo para trasplante .....	18
Figura 3. A. Registradores ambientales (Hobbo) B. Registrador de datos de luz PAR (WatchDog).....	21
Figura 4. Ilustraciones de las condiciones ambientales. (A) Condición del exterior. (B). condición del interior.....	24
Figura 5. Comportamiento de la luz, la temperatura y la humedad relativa registrados durante la época seca (A) y en la época lluviosa (B) y en dos ambientes diferentes casas sombra interna (línea color marrón) y casa sombra externa (línea color azul).....	25

## TABLA DE ANEXOS

ANEXO 1 .....	47
Cuadro 6. Uso y dosis de los productos utilizados en el cultivo de lechuga, culantro y apio. ....	47
ANEXO 2 .....	48
Figura 6. Cosecha de culantro, primera época de siembra (A), segunda época de siembra (B), comparación interna y externamente de la casa sombra.....	48
Figura 7. Cosecha de lechuga en la segunda época de siembra, comparación interna y externamente de la casa sombra. ....	49
Figura 8. Cosecha de apio, primera época de siembra (A), segunda época de siembra (B), comparación interna y externamente de la casa sombra.....	49
ANEXO 3 .....	50
Pruebas t .....	50

## I. INTRODUCCIÓN

La agricultura se puede definir como el arte de cultivar la tierra y corresponde a una actividad que contempla cultivar el suelo, el desarrollo para la producción y la recolección de la cosecha. En este proceso, intervienen múltiples factores entre los cuales se pueden mencionar el clima, el manejo del suelo, la inversión de capital y la tenencia de la tierra.

Actualmente, la agricultura se ha visto influenciada por la ciencia y la tecnología que han venido brindando aportes que, en su mayoría, tratan de mejorar las técnicas de producción, la calidad de los productos, y ampliar las zonas en donde se produce. Algunos cultivos como lo son las hortalizas, según Méndez y Marín (2015), han utilizado los principios del cultivo intensivo y protegido con el cual se intensifica la producción mediante el uso de diversas herramientas que tratan de atenuar el efecto del clima, las plagas y enfermedades.

La producción bajo ambientes protegidos permite aumentar al máximo la capacidad de producción de un cultivo, optimizando el ambiente, el manejo de la planta, el riego, la nutrición y la sanidad desde la germinación hasta la cosecha, agregando el concepto que el ambiente protegido resguarda al cultivo de los elementos más críticos en la zona agroecológica en que se produce, mediante la instalación de estructura cubierta con plástico y/o mallas contra insectos y/o sombreado (Marín & Solórzano, 2013).

Algunas de las instalaciones que comúnmente se utilizan para la práctica de la agricultura protegida corresponden a: invernaderos, casas malla, túneles, casas sombra. Es precisamente de esta última sobre la cual se trabajó en el desarrollo de esta tesis, puesto que se estudió las potencialidades que brinda las casas sombra en el cultivo de culantro, apio y lechuga en una zona donde normalmente no se produce hortalizas.

La casa sombra, permite reducir el exceso de radiación solar incidente en especies sensibles mediante la reducción de la intensidad de radiación directa e incrementando la radiación difusa, la cual por su carácter direccional penetra mejor, incrementando la cantidad de radiación solar interceptada y consecuentemente la fotosíntesis y la producción (Argus, 2010).

Debe tenerse en cuenta que la luz que influye sobre los organismos proviene directa o indirectamente casi exclusivamente del Sol, este provee la energía necesaria a las plantas para la fotosíntesis, donde se produce la materia orgánica para su crecimiento y desarrollo. Este proceso de las plantas depende de la intensidad y de la calidad de la luz, a mayor intensidad aumenta la fotosíntesis hasta un cierto nivel. La luz actúa sobre la asimilación de carbono, la temperatura de las hojas y en el balance hídrico, y en el crecimiento de órganos y tejidos, principalmente en el desarrollo y curvatura de tallos y expansión de hojas, interviene también, en la germinación de semillas y en la floración. En mayores niveles de luz hay mayor temperatura y a mayores niveles de temperatura hay mayor transpiración y consumo de agua. A mayor luminosidad en el interior de un ambiente protegido se debe aumentar la temperatura, la humedad relativa (HR) y el gas carbónico ( $\text{CO}_2$ ) para que la fotosíntesis sea máxima (Caldari, 2007).

Todos los productos hortícolas deben reunir características generales para ser de calidad los cuales son estar enteros, sanos, limpios, frescos, consistentes, turgentes, libre de humedad, olores, sabores y materias extrañas, libre de hongos pudriciones bacterias, sin daños importantes de insectos, sin daños mecánicos (cortes, heridas, quebraduras, compresiones raspones, roturas), tamaño homogéneo, color típico de la variedad (Cambroner, 2010).

En este caso se realizó un trabajo en donde se validó la tecnología de casa de sombreado para el desarrollo de algunas hortalizas de hoja como apio, culantro y lechuga, con base en su efecto sobre la calidad y la cantidad de la luz PAR y luz DLI disponibles para las plantas en la zona.

La agricultura protegida, corresponde a uno de los métodos que ha ido incursionando en el ámbito de producción, sin embargo, actualmente se carece de información relacionada con ella, tal y como lo mencionan Méndez y Marín (2015) “la industria de producción intensiva de hortalizas en Costa Rica apenas está iniciando, por lo que se dispone de poca información específica y local”.

A nivel nacional existen instituciones interesadas en este tipo de investigación como el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), mediante el Programa de Producción Agrícola bajo Ambiente Protegido y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), así como el interés propio que muestran las personas que se dedican a la producción protegida y las entidades académicas.

El cambio climático ha venido afectando a todo el planeta y en gran medida a la agricultura. Mencionó Huacuja (2006) que este fenómeno es la variación estadísticamente significativa, ya sea de las condiciones climáticas medias o de su variabilidad, que se mantiene durante un período prolongado (generalmente durante más de diez años). El cambio climático implica la variación del clima medio y de la variabilidad climática; este último abarca cambios bruscos en los extremos del clima en los comportamientos anuales o estacionales, o sea períodos secos y calurosos, alternando con períodos lluviosos y eventos climáticos extremos.

Para la FAO (2016), es de gran importancia encontrar maneras de enfrentar el cambio climático ya que este es una amenaza fundamental para la seguridad alimentaria mundial, el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza. Así, la agricultura debe adaptarse a los efectos del cambio climático y mejorar la resistencia de los sistemas de producción de alimentos para abastecer a una población cada vez mayor garantizando acceso a alimentos de buena calidad.

Uno de los modelos de producción aptos para esta respuesta, es la agricultura protegida, con la cual se puede producir un microclima diferente para las plantas que ayude a mejorar la producción tanto en calidad o en cantidad. Dentro de esto, FAO implementó en Coto Brus, Región Brunca, un proyecto para mejorar el acceso de pobladores a alimentos; este ha acercado el interés de instituciones como el Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS) y el Instituto Nacional de Desarrollo Rural (INDER), y se replica hacia el norte de la zona sur con la intervención del MAG.

Por tal motivo, resulta importante resaltar las ventajas que podrían brindar la casa de sombra en el cultivo de hortalizas, ya que de esta forma se podría establecer cuáles son las condiciones idóneas para una producción de hortalizas de alta calidad mediante un sistema de ambiente protegido, tal que mejore las condiciones de vida del productor y facilite el inicio de nuevas oportunidades de negocio.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Determinar el potencial de una casa de sombra para la producción de tres hortalizas de hoja comparada con su cultivo a la intemperie utilizando la respuesta morfo-fisiológica de las plantas en El Águila de Pejibaye de Pérez Zeledón.

### **Objetivos Específicos**

1. Estudiar el comportamiento de las principales variables climáticas (luz, temperatura y humedad relativa) en el interior de la casa sombra y en el ambiente exterior.
2. Determinar si existen diferencias en la calidad de tres hortalizas de hoja cultivadas en el interior de una casa sombra y en el ambiente exterior.

### **Hipótesis**

- Hipótesis nula ( $H_0$ ): No hay diferencia significativa en las cualidades y en la producción de tres hortalizas de hoja si se siembran en el interior o exterior de la casa sombra.
- Hipótesis alternativa ( $H_a$ ): Si hay diferencia significativa en las cualidades y en la producción de tres hortalizas de hoja si se siembran en el interior o exterior de la casa sombra.

## **II. MARCO TEORICO**

Para el desarrollo de la investigación, fue importante revisar una serie de conceptos y temáticas fundamentales; tales como agricultura protegida, tipos de ambiente protegido, agricultura climáticamente inteligente, casa sombra, factores climáticos en el desarrollo de los cultivos, luz temperatura, cambio climático, entre otros. Estos permitieron la comprensión de la temática y facilitó la interpretación de los resultados obtenidos.

### **1. Agricultura protegida aspectos generales.**

La agricultura protegida es aquella que se realiza bajo estructuras construidas con el fin de evitar las restricciones que el medio impone al desarrollo de las plantas cultivadas. Mediante el empleo de estas estructuras y la incorporación de mecanismos de manejo ambiental, se reducen al mínimo algunas de las condiciones restrictivas del clima sobre los vegetales. A través de los años se han desarrollado varios tipos de estructuras para la protección de las plantas, que plantean diferentes alternativas para recrear condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de los cultivos, de acuerdo con los requerimientos climáticos de cada especie y en concordancia con los factores climáticos de cada región, que han afectado gravemente a la agricultura (Huerta, 2012).

Con ello, las modificaciones ambientales logradas con cada uno de los tipos de estructuras empleadas en la agricultura protegida permiten ofrecer un medio más favorable para que las plantas expresen su potencial productivo, sin las limitaciones ambientales a que están sometidas cuando se desarrollan a campo abierto. Como lo mencionan Cook y Calvin (2005) el ambiente protegido se expresa mediante un amplio rango de tecnologías de producción agrícola que

pueden ser combinadas según preferencias, el riesgo financiero y ambiental. La alteración en la relación entre la planta y el ambiente implica una exigencia tácita sobre la fisiología de los cultivos, que modifica sus requerimientos, su desarrollo y su capacidad productiva.

Específicamente dentro de estos mecanismos de protección, están las casas sombra, cuyo principio básico es el lograr reducir la incidencia de radiación sobre el área de producción. Corresponden a estructuras simples, que pueden ser estructuradas con metal o madera, sobre las que se soporta una cubierta de polímero que corresponde a la barrera física que regula el paso de la luz. Con esto se logra según Huerta (2012):

- Dar sombra a los cultivos en cualquier tipo de terreno.
- Definir la cantidad y tipo de luz, dependiendo el tipo de malla que se utilice.
- Mejorar las condiciones ambientales para los cultivos al regular luz, temperatura y humedad.
- Mejorar los rendimientos de producción.
- Aumentar la calidad de la producción.
- Producir durante todo el año.
- Ahorrar agua e insumos (semilla, fertilizantes, agroquímicos).
- Reducir superficie dedicada a producir.
- Mantener una barrera protectora de: vientos, polvo, granizo, etc.

Existen mallas que pueden reducir entre 10 a 95% la radiación solar entrante su escogencia depende de la cantidad de luz que se requiere por parte de la especie que se tenga en cultivo. Con las casas sombra no se evita el paso del agua de lluvia; además son permeables al viento por lo que, si bien hay una reducción del efecto de caída de la gota sobre el cultivo, este siempre está expuesto a la cantidad de lluvia y viento presentes en el sitio de cultivo.

Las dimensiones de una casa sombra se pueden ver delimitadas dependiendo del tipo de proyecto que se desea desarrollar, es posible crear estructuras para huertos familiares, para pequeñas unidades de autoconsumo o de mercado local, hasta escalas comerciales de exportación. Las medidas que regularmente se utilizan son; una separación entre postes de cuatro a ocho metros, con una altura mínima de tres metros y medio, el grueso de los tubulares va de uno a tres pulgadas de diámetro o lado, la forma del piso de la casa sombra puede ser cuadrada o rectangular (Méndez y Marín, 2015).

Las casas sombra logran modificar factores externos, como la luz, la temperatura, el agua y con ello la necesidad de uso de fertilizantes. Por esta razón, se dice que es más productiva y ofrece cultivos todo el año independientemente de la estación (Horticultivos, 2013).

## **2. Factores climáticos que afectan en el desarrollo de los cultivos**

En el proceso productivo, hay una serie de factores climáticos que afectan el desarrollo de cultivos, de los cuales, la luz es uno de los más importantes ya que de esta depende la actividad fotosintética y por ende ejerce influencia sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, al afectar entre otros procesos biológicos la fotosíntesis, que transforma la energía solar en energía química utilizando luz con longitudes de onda entre 400 y 700 nm, conocida como radiación fotosintéticamente activa (PAR) y absorbida principalmente por los pigmentos clorofílicos; y la foto morfogénesis, que incluye efectos sobre la germinación de las semillas, elongación del tallo (Ayala, 2010).

Bajo condiciones limitantes de luz (como el invierno en climas templados), la mayoría de los cultivos de invernaderos requieren luz suplementaria. Sin embargo, es importante recordar que la luz suplementaria generalmente vale la pena únicamente cuando el incremento en fotosíntesis conduce a mayores ingresos (Torres y López s.f.)

La luz PAR es la cantidad de radiación integrada del rango de longitudes de onda que son capaces de producir actividad fotosintética en las plantas y otros organismos fotosintéticos. Conocer estas longitudes de onda es útil para adecuar la iluminación en entornos artificiales o para elegir correctamente mallas de sombreo (Méndez y Soto, 2016).

Sin embargo, hay que considerar que la radiación fotosintéticamente activa (PAR) es la región del espectro solar cuya longitud de onda está comprendida entre 400 - 700 nm. Los valores del PAR son importantes como parámetro de entrada de energía en diversos procesos biológicos y su evaluación temporal tiene particular interés en el seguimiento del crecimiento de cultivos. Debido a que las plantas realizan fotosíntesis y que el PAR es su fuente de energía, conocer la distribución espacial y temporal del mismo es fundamental para el análisis de los procesos biológicos asociados (Gallegos y Righini, 2005).

**Cuadro 1. Variable descriptiva de la radiación solar y sus unidades de medición.**

<b>Propiedad</b>	<b>Unidad</b>
<b>Energía</b>	J
<b>Flujo radiante</b>	W
<b>Radiación incidente</b>	$Wm^{-2} = J m^{-2} s^{-1}$
<b>Densidad de flujo de fotones fotosintéticos (PPFD)</b>	$Umol m^{-2} s^{-1}$
<b>Luz visible= iluminación o intensidad luminosa</b>	1 lux = 1 lumen $m^{-2}$
<b>Integral de radiación solar diaria</b>	$Mj m^{-2}d^{-1}$ o $mol m^{-2} d^{-1}$

Fuente: Informe FAO-UCR, 2015

Cualquier tipo de medición aislada de la radiación solar únicamente provee una intensidad de luz solar instantánea en el momento preciso en que se está realizando la medida, por lo cual esta única medición no representa la cantidad de luz que las plantas reciben durante el día ya que los niveles naturales de luz cambian continuamente. Por esta razón, se utiliza la Integral de Radiación Solar Diaria (DLI por sus siglas en inglés) que se define como la cantidad de radiación solar recibida cada día como función de la intensidad de radiación solar incidente (global en  $W\ m^{-2}$  o PAR en  $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ ) y la cantidad diaria de horas luz (duración del día o fotoperiodo). El DLI habitualmente se expresa en  $MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$  para radiación global o en  $mol\ m^{-2}\ d^{-1}$  para radiación PAR (Torres y López s.f.)

La DLI influye en el calendario de producción, crecimiento, diámetro del tallo, ramificación, número de flores y calidad final del producto. Los productores que monitorean y cuantifican la DLI pueden fácilmente determinar cuándo necesitan suplemento de luz o cuándo usar mallas de sombra (Torres y López s.f.)

Según Murillo (2014) bajo el sistema casa sombra, se lleva a cabo una alteración de las variables edafo climáticas (suelo, temperatura, radiación solar, viento, humedad, entre otros), lo cual permite modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos; esto con el propósito de alcanzar adecuado crecimiento vegetal, aumentar los rendimientos, mejorar la calidad de los productos y obtener cosechas satisfactorias.

Para establecer una casa de sombra se recomienda tener datos históricos de radiación solar para poder identificar los periodos críticos de radiación solar excesiva, sin incurrir en el error de reducir la DLI por debajo de los requerimientos del cultivo en épocas de la baja radiación. La

FAO (1990) propone un DLI global mínimo de  $8,5 \text{ MJ m}^2 \text{ d}^{-1}$  por encima del cual se obtiene un adecuado crecimiento y producción.

Como lo menciona Ayala (2010), la temperatura ejerce una gran influencia sobre el crecimiento y el metabolismo de las plantas y no hay tejido o proceso fisiológico que no esté influido por ella. El desarrollo y el crecimiento de la mayoría de los cultivos agrícolas ocurre dentro de un rango de temperaturas óptimas, oscila entre los  $15\text{-}35^\circ\text{C}$ . Temperaturas extremas, reducen la tasa fotosintética o pueden generar serios daños en el tejido.

La humedad en el ambiente interviene en varios procesos entre ellos, el amortiguamiento de los cambios de temperatura, el aumento o disminución de la transpiración, en el crecimiento de los tejidos, en la viabilidad del polen para obtener mayor porcentaje de fecundación del ovario de las flores y en el desarrollo de enfermedades. A mayor temperatura menos humedad relativa y a menor humedad relativa mayor consumo de agua. Cuando la transpiración es intensa, como consecuencia de la falta de humedad en el ambiente o por las altas temperaturas, puede haber más concentración de sales en las partes donde se realiza la fotosíntesis y queda disminuida esta función (Ayala, 2010).

### **3. Cambio climático**

Durante los últimos 50 años, se han observado en el continente americano variaciones de temperaturas extremas que afectan la agricultura. El cambio climático altera todos los parámetros climáticos: temperaturas, precipitaciones, fenómenos climatológicos, etc. Normalmente este tipo de cambios se producen a lo largo de varios siglos, permitiendo a las especies animales y vegetales adaptarse gradualmente a las nuevas condiciones climatológicas (Fernández, 2013).

Sin embargo, lo vertiginoso de estos cambios en la actualidad da poco tiempo a los procesos de adaptación, y generan importantes cambios en el clima. Estos cambios en la agricultura influyen en el rendimiento de los cultivos y el bienestar humano, pues alteran los precios, producción y consumo per cápita. Los efectos biofísicos del cambio climático se manifiestan en el sistema económico a medida que los agricultores y otros participantes del mercado realizan ajustes de forma autónoma, modificando sus sistemas de producción y combinaciones de cultivos, uso de insumos, nivel de productividad, demanda de alimentos, consumo de alimentos y comercio (Rosegrant *et al*, 2009)

#### **4. Cultivos hortícolas de hoja que se utilizaran en la investigación**

##### **4.1. Lechuga (*Lactuca sativa L*):**

Es una planta anual y autógama con una raíz pivotante, corta y que no sobrepasa los 25 cm de profundidad, sus hojas están colocadas en roseta un tallo cilíndrico y ramificado. Los requerimientos edafo climáticos de este cultivo son una temperatura óptima de germinación entre 18-20°C, durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14-18°C por el día y 5-8°C por la noche, pues la lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche (Alonso y Guzmán, 2008).

Este cultivo soporta mejor las temperaturas elevadas que las bajas, ya que como temperatura máxima puede soportar hasta los 30 °C y como mínima temperaturas de hasta -6 °C. En cuanto a la humedad relativa no soporta un periodo de sequía, aunque éste sea muy breve. La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 60 al 80% (Alonso y Guzmán, 2008).

Las tolerancias respecto a la calidad se establecen para cada empaque, lote o embarque de producto no pre empacado o pre empacado, de acuerdo con lo establecido.

El corte no debe presentar lechosidad ni color rojizo (oxidación/vieja) o indicios de bacterias; debe estar entera y brillante. Color verde claro a oscuro, sin excesivas hojas de protección, fresca turgente y crujientes. Con cierto grado de arpillamiento libre de babosas y daños mecánicos (Rojas, 2007).

#### **4.2. Culantro castilla (*Coriandrum sativum L*)**

Este es un cultivo originario de la región del Mediterráneo. El sistema radical del culantro es fino y sencillo; su raíz principal es muy delgada y altamente ramificada, se trasplanta de almacigo en adobe (Hernández, 2003).

La siembra se hace en líneas separadas entre 20 y 30 cm. La distancia entre semilla es inferior a 1cm, pero si la densidad de siembra es muy alta se corre el riesgo de que aquella presencia de hongos en el follaje (Bolaños, 2001).

Como lo menciona Hernández (2003) la temperatura óptima de germinación varía de 15 a 30 °C y que los mejores resultados se obtienen con temperaturas de 27 y 22 °C durante el día y la noche, respectivamente, con un tiempo necesario para germinar de 10 a 21 días.

La cosecha se inicia aproximadamente a los 45 días después de la siembra. Las plantas se recolectan cuando aún están tiernas. Por lo general, la recolecta se realiza durante la mañana y se comercializa el mismo día para evitar deterioro (Bolaños, 2001).

### **4.3. Apio (*Apium graveolens*)**

Como lo mencionan las “Guías técnicas del manejo poscosecha de apio y lechuga para el mercado fresco” del MAG, en países de Europa y Estados Unidos, según las últimas tendencias impulsadas por el programa de "cinco al día", que recomienda el consumo de cinco porciones de frutas o vegetales al día, se ha dado un incremento en el consumo de vegetales frescos, sobre todo en forma de ensaladas. En Costa Rica el principal uso que se le da al apio es como condimento de comidas calientes criollas, platos orientales y en menor proporción crudo en ensalada.

Este cultivo es una planta con raíz pivotante, potente y profunda, con raíces secundarias superficiales, del cuello de la raíz brotan tallos herbáceos que alcanzan de 30 a 80 cm de altura, requiere un suelo profundo, ya que el sistema radicular alcanza gran longitud vertical. El pH debe estar rondando la neutralidad. Cuando está en las primeras fases de su desarrollo, el riego debe ser abundante y regular, ya que la plántula debe tener un crecimiento continuo. Es cosechado cuando el cultivo en su totalidad alcanza el tamaño deseado para el mercado y antes que los pecíolos desarrollen esponjosidad.

### **III. METODOLOGÍA**

El trabajo se desarrolló en un paradigma naturalista de investigación, en donde, tal y como lo menciona Barrantes (2002), se tuvo como interés comprender e interpretar datos, de una realidad que es construida durante el proceso de práctica, en donde la relación del sujeto de investigación y el objeto estuvo comprometida con el propósito de generar explicaciones en un tiempo y espacio determinado. La interacción de factores y los valores de los datos influyeron en el proceso al igual que la teoría y la práctica, es decir, existe una triangulación de datos cuantitativos para el respectivo análisis cualitativo.

#### **1. Ubicación**

La casa sombra está ubicada en la provincia de San José, específicamente, en la comunidad de El Águila de Pejibaye de Pérez Zeledón, un kilómetro al este de la Escuela de la comunidad y pertenece al señor Jesús Vega Mora. Su ubicación es 9°06'17.9"N 83°30'24.7"W. El clima de esta zona es tropical con lluvias significativas en la mayoría de los meses del año, la precipitación media anual es de 2973 mm y la mayor precipitación se da el mes de octubre; la temperatura promedio es de 24.5° C (Montero, sf).

#### **2. Características de la casa sombra**

La casa sombra se construyó siguiendo el modelo desarrollado por la FAO cuyas dimensiones son 30 metros de largo y 22,5 metros de ancho, construida usando como base estructura de Tubo HG 1½"y HG 2" que soporta un tejido de monofilamento negro de 40 % de sombra con ojete, de 7,40 metros de ancho.

### **3. Material vegetal**

Se utilizaron almácigos de lechuga de la variedad tipo americana llamada Bergam's Green, casa comercial Enza Zaden, para el apio la variedad que se uso fue apio verde llamado Triumph, casa comercial Bejo y para el culantro se sembró una variedad llamada Griffaton de la casa comercial Griffaton.

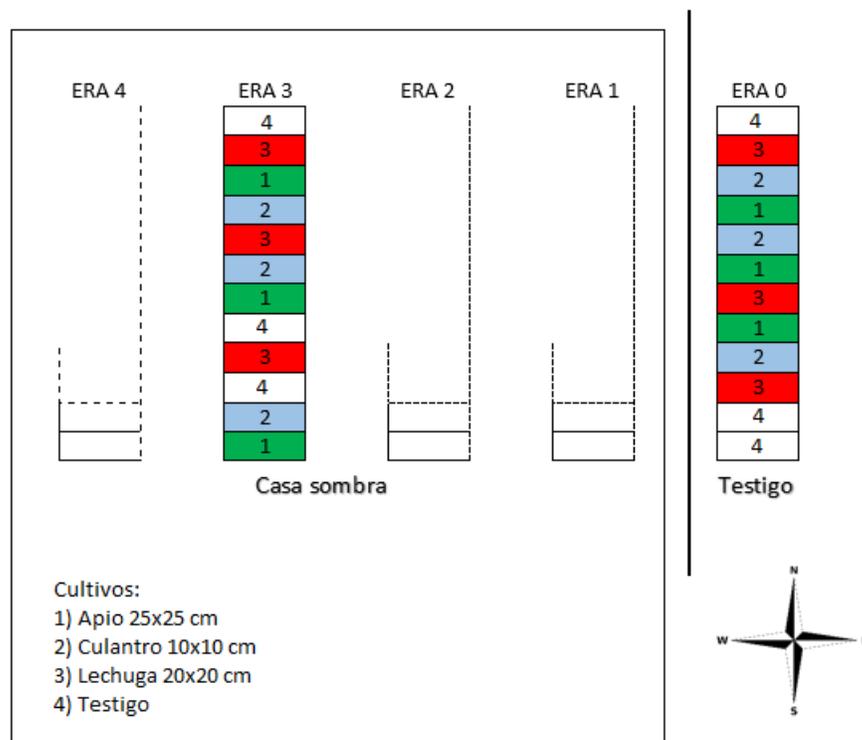
### **4. Diseño**

Para la práctica se realizaron dos ciclos de cultivo y en cada ciclo se realizaron tres repeticiones por cada hortaliza. El primer ciclo se realizó del 22 de febrero al 24 de abril del 2018 y el segundo ciclo del 18 de mayo al 17 de julio del 2018.

Para cada ciclo, se establecieron eras para la siembra de las plantas en lo interno de la casa sombra y en la parte externa de ella, el área total del ensayo en el interior y exterior de la casa sombra fue de 12 metros cuadrados (12 m de largo y un metro de ancho) y esta fue determinada según criterio del productor y obedeció por lo general a sus posibilidades de trabajo y la posibilidad para cubrir la demanda de su mercado.

Las eras se dividieron en mini bloques (un total de 12 de 1 m<sup>2</sup>), tres mini bloques (repeticiones) para cada cultivo más un testigo, con el objetivo de muestrear y hacer comparaciones entre cultivos. En la era que se utilizó en el interior de la casa sombra el productor ya había utilizado el terreno para una siembra anterior.

La ubicación de cada hortaliza se realizó al azar dentro de cada una de las eras. Figura 1.



**Figura 1.** Diseño de las mini parcelas ubicadas en las eras en el interior y exterior de la casa sombra.

## 5. Establecimiento de mini parcelas

### 5.1. Preparación del terreno

La preparación se hizo según el sistema empleado por el productor y que realiza de manera ordinaria y que consiste en la ruptura y homogenización del terreno, para posteriormente elaborar la era.

La siembra para ambos ciclos de cultivo y para todas las hortalizas se realizó por trasplante y se utilizó almácigo de 22 y 45 días de edad (cultivos, respectivamente) figura 2. Todos los materiales tenían buenas condiciones de vigor tanto en el área foliar como radicular, características importantes para adaptarse a las nuevas condiciones ambientales a las que fueron

expuestas. Todos los materiales se desinfectaron con Kilol a razón de 5 ml / L, para garantizar un material libre de hongos y bacterias que puedan afectar el establecimiento de los cultivos.



**Figura 2.** Almacigo para trasplante

La distancia de siembra varió para cada cultivo. La lechuga se sembró a 20 cm entre planta y de 20 cm entre hilera. El apio se sembró a 25 cm entre hileras y 25 cm entre plantas y el culantro se sembró a una distancia de 10 cm entre hileras y 10 cm entre plantas, considerando en este último caso que en cada celdilla de la bandeja de almacigo había alrededor de 5-7 plantitas.

Los almacigos fueron trasplantados en las primeras horas de la mañana, con la finalidad de evitar estrés hídrico del material en las horas calurosas del día. Después de establecidos los cultivos, se realizó un manejo agronómico combinando métodos culturales, biológicos y químicos de igual manera para las dos épocas de siembra y para los dos lugares de siembra, en todo caso basados en la experiencia del productor.

## **6. Manejo de mini parcelas**

### **6.1. Manejo cultural:**

Se realizaron deshierbas, fundamental en las primeras etapas del cultivo así se evitó la competencia con arvenses, cuyas plantas son más adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas. Dicha actividad se realizó las primeras 4 semanas, 3 veces a la semana y de la cuarta semana en adelante 2 veces a la semana tanto en el interior como exterior de la casa sombra con el fin de asegurar al cultivo las mejores condiciones lumínicas y nutritivas que permitió un óptimo desarrollo.

### **6.2. Manejo Biológico:**

En las dos épocas de siembra se le aplicó un biol de bambú elaborado por el productor a los tres cultivos tanto en el interior como exterior de la casa sombra, esto para controlar insectos que se presentaban en la siembra.

### **6.3. Manejo químico:**

Para ambas siembras se aplicaron los siguientes productos respetando el criterio del productor, cuadro 2.

**Cuadro 2.** Productos químicos utilizados en producción de hortalizas de hoja.

Producto	I siembra	II siembra	Dosis
Mancozeb		Aplicación al culantro	1,5 – 2,5 kg/ha
Arrivo	2 aplicaciones a los tres cultivos		150-200cc/ha
Nativo	Una aplicación a los tres cultivos	Una aplicación en la primera semana a los tres cultivos	1,92 cc en 2.5 litros de agua.
Vydate		Una aplicación al apio	5cc en 2.5 litros de agua
Foliar (12 60 0)+ Cosmo-In		Aplicación al apio	2.88cc de Cosmoin y 128g de (12 60 0) disuelto en 2.5 litros de agua

## 7. Cosecha

La cosecha se realizó de acuerdo con la duración del ciclo y estados de madurez en cada época de siembra y para cada cultivo. La lechuga se cosechó a 30 días después del trasplante (ddt) y se hizo cortando la planta por la base, a ras del suelo. El culantro se cosechó a 35 ddt y el criterio de cosecha consistió en cosecharlo cuando alcanzó una altura de alrededor de 20 cm y las hojas aún están tiernas. El apio se cosechó a los 60 ddt y el criterio fue cuando la planta tenía una altura mínima de 40 cm.

## 8. Registro de las variables ambientales

Las variables ambientales que medir fueron luz fotosintéticamente activa (PAR) ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y humedad relativa (%), tanto para el interior como para el exterior de la casa de sombra.

Las barras de sensores PAR (Figura 2) se colocaron una en el interior de la casa sombra y otra en el exterior, con el fin de determinar el porcentaje de sombreado o reducción de la radiación solar incidente dentro del ambiente protegido. Para monitorear la temperatura y humedad relativa

del aire se utilizó un registrador Hobbo (figura 3), que es un dispositivo que registra lecturas ordenadas en el tiempo, a partir de diferentes sensores.

Estos dispositivos, se programaron para tomar los datos cada media hora y luego se colocaron en lo interno de la casa de sombra y según el sitio de cultivo definido por el productor y uno en la parte de afuera.

Durante el proceso de práctica se elaboró una bitácora en donde se anotaron todos los datos relacionados con el proceso del cultivo.



**Figura 3.** A. Registradores ambientales (Hobbo) B. Registrador de datos de luz PAR (WatchDog).

## 9. Variables evaluadas

### 9.1 Atributos de calidad

Para los tres cultivos evaluados, se midieron variables de calidad al momento de la cosecha, considerando el producto final obtenido durante el proceso.

- **Lechuga**

Los criterios de calidad para este cultivo son: plantas de aspecto fresco, enteras, sanas, inocuas (limpias sin olor y sabor extraños), color externo típico (verde claro a oscuro), grado de madurez adecuado y ausencia de daños mecánicos. Con altura promedio entre 25 y 28cm (establecidos con criterio personal) y pesos de 280 y 450g (CNP,2010).

- **Culantro castilla**

Se deben de cumplir con los siguientes criterios de calidad: fresco, olor característico, libre de daño mecánico severo, turgente, verde claro a oscuro, sin babosas, sin floración. Con raíces limpias (sin tierra), follaje sin humedad externa, uniformidad en el tamaño del rollo, tallos no menores a 18 cm y pesos de 30 a 45 gramos (CNP,2010).

- **Apio**

Para este cultivo los criterios de calidad son los siguientes: bien desarrollado, firme, sano, limpio, libre de cualquier materia extraña visible, fresco en apariencia, libre de daño causado por plagas, libre de cualquier olor y/o sabor extraño. Con tamaños promedio entre 25 y 30cm (establecidos con criterio personal) y pesos de 250 y 400g (CNP, 2010).

## 9.2 Variables cuantitativas

No se utilizaron mediciones ni variables aplicables antes de la cosecha ya que lo que se quería evaluar era el resultado final en términos de productividad y calidad. Las variables que se midieron fueron:

- **Apio:** Altura de planta (cm) y peso de la planta (g).
- **Culantro:** Altura del rollo (cm), peso del rollo (g).

- **Lechuga:** Altura (cm), peso individual de la lechuga (g).

## **11. Análisis estadístico e interpretación práctica de los resultados**

El diseño experimental correspondió al modelo unifactorial de efectos fijos con dos niveles (tratamientos), en cual uno de los tratamientos (testigo) se ubicó en una parcela expuesta al exterior y el otro tratamiento en el interior de una casa sombra. Este modelo se aplicó de forma independiente a cada una de las tres hortalizas.

Para todas las hortalizas en el interior o exterior de la casa sombra se analizaron por medio de estadística descriptiva y las variables ambientales de temperatura, humedad y luz. Seguidamente, a partir de la aplicación de Pruebas  $T$  para muestras independientes, se determinó si existieron diferencias significativas (así como la magnitud de estas diferencias) en los indicadores cuantitativos analizados de las tres hortalizas cultivadas, para con ello establecer cuál de las hipótesis planteadas se cumple.

Los datos del experimento se registraron inicialmente en una hoja de cálculo de Excel, para luego ser exportados al programa Infostat, para su tabulación y su respectivo análisis estadístico de acuerdo con lo definido en la metodología. Para la elaboración de los gráficos se utilizó R Studio para relacionar variables ambientales y los gráficos de los promedios de producción.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### I. Caracterización de las variables ambientales en la casa sombra.

Los datos ambientales obtenidos durante ambos ciclos de cultivo reflejan una importante variación de los valores de luz, temperatura y humedad que se presentan en el interior de la casa sombra respecto a los que se obtienen fuera del sistema de producción.

En la figura 4 se pueden observar las condiciones generales del interior y en el exterior de la casa sombra.



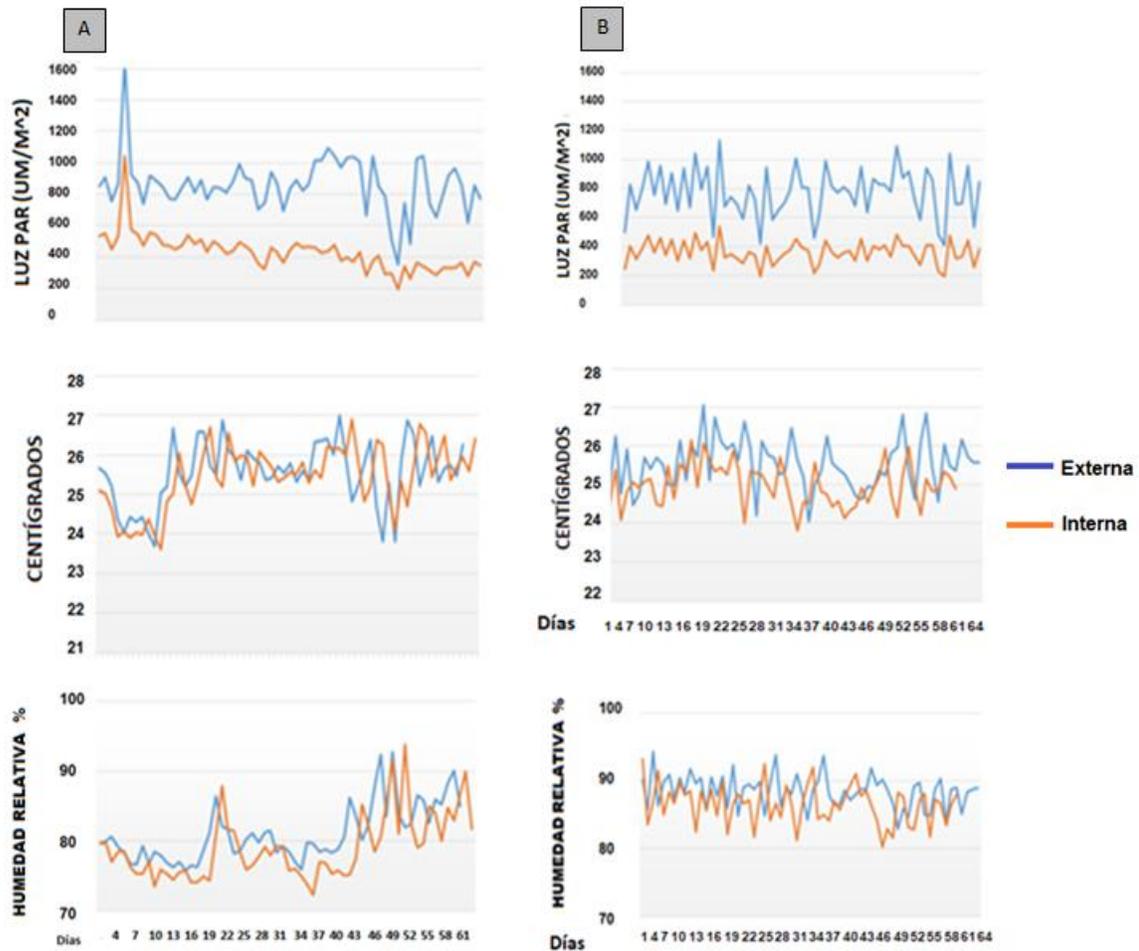
**Figura 4.** Ilustraciones de las condiciones ambientales. (A) Condición del exterior. (B). condición del interior.

### 1. Luz fotosintéticamente activa (PAR), temperatura (T) y humedad relativa (HR).

#### 1.1 Época seca

En relación con la luz PAR, se puede observar en la figura 5, que en el interior de la casa sombra hubo una reducción en la cantidad de luz que incide sobre el cultivo de aproximadamente 50%. En promedio, la luz PAR fue de 431,03  $\mu\text{m}$  en el interior, en el exterior el promedio fue de 887,33  $\mu\text{m}$  y fue 456,3  $\mu\text{m}$  más que en el interior. Se puede observar que durante el periodo

comprendido entre los días 46 al 52 se dio una disminución de la luz PAR externa; esto se debió a días nublados y lluviosos que hubo.



**Figura 5.** Comportamiento de la luz, la temperatura y la humedad relativa registrados durante la época seca (A) y en la época lluviosa (B) y en dos ambientes diferentes casas sombra interna (línea color marrón) y casa sombra externa (línea color azul)

En relación con la temperatura, se registró un promedio de temperaturas mínimas interna de la casa sombra de 23,62 °C y externa de 23,06 °C, mientras que la temperatura máxima fue de 27,01° C internamente y de 26,90° C externamente.

Los valores de humedad relativa variaron de acuerdo con la hora del día; para la parte interna se dio un promedio de 79,04 % mientras que para fuera de la casa sombra fue de 81,04 %.

## **1.2 Época lluviosa**

En la estación lluviosa se presentó reducción de la luz PAR de 47%, la casa sombra disminuye en gran medida la incidencia de luz a los cultivos. En promedio la luz PAR fue de 355,39  $\mu\text{mol}$  en el interior de la casa, en el exterior el promedio fue de 761,86  $\mu\text{mol}$  y fue 406,47  $\mu\text{mol}$  más que en el interior de la casa sombra.

En esta misma época se pudo observar cuatro días en los que se presentaron picos bajos de luz PAR en la parte externa de la casa sombra principalmente, los días 9, 26, 34 y 58 esto se debió a que las precipitaciones y nubosidad fueron mayores.

En relación con la temperatura se registró una mínima para la parte interna de 23,82°C y una máxima de 26,16°C respectivamente. En la parte externa se tuvieron datos mínimos de 24,05°C y 27,06°C respectivamente. Los rangos de temperatura en la parte interna de la casa sombra van de 24°C a 26°C mientras que la parte externa de 24°C a 27°C. Valores máximos se notaron en la parte externa.

En cuanto al desempeño de los cultivos, Alonso y Guzmán (2008) determinaron que la lechuga presenta mejor crecimiento bajo temperaturas no mayores a 30°C, las cuales son condiciones similares a las que se presentaron en esta investigación en las dos épocas de siembra y los dos lugares de siembra en los cultivos de hoja estudiados. Los datos de luz, temperatura y humedad relativa en ambas épocas son favorables para el desarrollo de los cultivos; Hernández (2003) determinó temperaturas óptimas para el desarrollo del culantro entre 22° C y 27° C.

La temperatura en la casa sombra no tuvo variaciones mayores a 2 o 3 grados ya que por tratarse de un sistema abierto con mucha circulación de aire la temperatura se minimiza, el efecto en la reducción de la radiación incidente sobre el cultivo por ende de la sombra recibida ayudando al desarrollo de los cultivos. Esto también concuerda con el trabajo realizado por Hortomallas (2016), en donde se indicó que en casas de sombra la temperatura puede ser regulada bajo condiciones protegidas, y provocarse un mejor crecimiento de las plantas.

En relación con la intensidad lumínica se puede observar que la casa sombra tiene una incidencia positiva en la reducción de esta variable, pero siempre se mantienen los cultivos dentro del rango óptimo (400-700  $\mu\text{mol}$ ) para su desarrollo (Chen, 2018). La casa sombra le da una reducción de energía incidente a los cultivos en comparación con la del exterior y principalmente en estación seca cuando la magnitud de la reducción es mayor. Como lo mencionaron Méndez y Soto, (2016), conocer los valores de luz incidente es útil para adecuar la iluminación en entornos artificiales o para elegir correctamente mallas de sombreo y así brindar un mejor ambiente de desarrollo a las hortalizas. En esta investigación se logró utilizando la casa sombra adecuar la iluminación para mejorar las condiciones de producción de hortalizas dentro de la casa sombra. Esto se pudo observar en las plantas cosechadas de culantro dentro de la casa

sombra, estas plantas fueron de mejor calidad cuando se compararon con las plantas producidas en el exterior de la casa sombra.

Así, se estaría contando con condiciones favorables para el crecimiento y desarrollo de las plantas, al afectar procesos biológicos como la fotosíntesis, que transforma la energía solar en energía química. Esto coincide con lo que menciona Hortomallas, 2016 donde manifiestan que las hortalizas que crecen en condiciones de campo están expuestas a estrés abiótico y biótico que compromete la productividad y la calidad. El sistema de cultivo protegido tiene el potencial de reducir el estrés abiótico y biótico.

De acuerdo con Alonso y Guzmán (2008), porcentajes de humedad entre 50-80% son favorables para el desarrollo de hortalizas de hoja. En relación con la humedad relativa interna y externa encontrados en esta investigación durante la estación lluviosa, se encontraron valores superiores al 80% de humedad, es importante decir que aun en estas condiciones todas las hortalizas producidas en ambos ambientes lograron calidad para la venta.

En la época seca, la diferencia entre las condiciones externa e interna oscilaron alrededor de 2%, presentándose periodos donde encontramos valores superiores al 80% en ambas condiciones interna y externamente de la casa sombra. Igual que como ocurrió en la época lluviosa todas las hortalizas producidas obtuvieron un mínimo de calidad para ser comercializadas.

La humedad relativa se vio vinculada también con los cambios de temperatura ya que a mayor temperatura menor tiende a ser la humedad relativa. Los valores anotados, permitieron el desarrollo de los cultivos, que contaron con el requerimiento ambiental necesario para el normal

crecimiento. Este factor es relevante pues, como lo mencionan Reddy et al., 1999 citados por Hortomallas SA, 2016, la humedad relativa alta reduce la pérdida por evaporación y lleva a la optimización del uso de los nutrientes. Además, mantiene la turgencia de las células que es útil en la actividad enzimática llevando a un mayor rendimiento.

## **II. Respuesta Agronómica**

En cuanto a la respuesta agronómica de los cultivos evaluados, se presentan los resultados según época y ubicación identificando para cada periodo; época de cosecha y los rendimientos generales obtenidos comparados con normas estándares de comercialización.

### **Culantro**

En lo que respecta a las variables de altura y peso, según las referencias del Consejo Nacional de Producción (CNP, 2010), para este cultivo, indiferentemente la época de siembra y el lugar de siembra estas variables en todas las plantas cosechadas cumplieron con las normas establecidas por el CNP.

En el cuadro 3, se muestran los promedios obtenidos al momento de la cosecha en el cultivo de culantro; en general en ambas épocas se tuvo plantas sanas, aunque solo para la época lluviosa las plantas del exterior sufrieron un poco de daño debido al exceso de precipitaciones lo cual provocó que el culantro presentara pudrición y pérdida de algunas plantas.

**Cuadro 3.** Valoración de longitud y peso del culantro al momento de la cosecha, comparados por las normas estándar.

Culantro		Apariencia Fitosanitaria		Altura del rollo (cm)		Peso del rollo (g)		Referencia**	
		Interno	Externo	Interno	Externo	Interno	Externo	Peso (g)	Altura (cm)
Época Seca	Promedio	Sanas	Sanas	33a*	29b	66,5a	75,6b	30-45	+18
Época Lluviosa	Promedio	Sanas	Dañado	34,2a	29,8b	60,06a	65,9a	30-45	+18

\*Letras distintas denotan diferencias significativas (5%)

\*\*CNP, 2010

En la época seca la altura del culantro varió según el lugar de siembra y en promedio se obtuvo 33 cm en lo interno de la casa sombra y 29 cm en la parte externa de esta, lo cual es significativamente diferente ( $p$ : 0.0001).

En esta misma época de siembra y en relación con el peso de este cultivo también se encontraron diferencias significativas en esa variable ( $p$ : 0.0064), donde se obtuvieron 66,5 g en el interior y 75,6 g en el exterior en el peso del culantro, ambos valores son superiores a las normas de calidad establecidas.

En la época lluviosa la longitud que alcanzaron las plantas en promedio fue de 34,2 cm en lo interno de la casa sombra y 29,8 cm fuera de esta, sí hubo diferencias significativas ( $p$ : 0,04). El peso promedio obtenido para esta misma época de siembra fue de 60,06 g en el interior y 65,9 g en el exterior, pero no hubo diferencias significativas en esta variable ( $p$ : 0.15). Los valores encontrados en ambas variables son superiores a los establecidos como referencia por el CNP.

Con respecto a tamaño del culantro, los resultados obtenidos en la investigación son similares a los que ya otros autores han logrado. Para la altura del culantro, López (1999) recomienda que para la cosecha un factor primordial es la altura, puesto que debe de llegar a un tamaño exigido por el mercado que va desde los 20 cm hasta los 26 cm. Específicamente menciona que el índice de cosecha más importante en este cultivo corresponde a la altura del follaje; esto es, la planta debe presentar una altura de entre 25 y 30 cm para ser aceptada en el mercado; la longitud promedio de las plantas cosechadas en esta investigación fue de 30 cm por planta encontrándose dentro del valor señalado.

Con respecto a esta misma temática, Estrada *et al.* (2004) mencionaron que cuando una planta ha llegado a tener entre 8 y 10 hojas empieza rápidamente su crecimiento y se debe de realizar su cosecha de manera rápida porque para el mercado la calidad del tallo debe ser de 15 cm de longitud y posterior a esto sigue su envejecimiento y pérdida de hojas. Como se mencionó anteriormente en esta investigación se alcanzó un promedio de 30cm de altura de planta por lo todas las plantas cosechadas alcanzaron calidad para ser vendidas.

De lo anterior se puede destacar que en cuanto a la altura esta investigación logró plantas de culantro con tamaños superiores a los antes mencionados en ambas estaciones y se rescata que en cuanto a la calidad cumple con los estándares óptimos ya que las plantas cosechadas corresponden a plantas sanas o con poco daño.

Es importante mencionar que encontramos plantas más altas en el interior (33-34cm), aunque más pesadas en el exterior (75,6-65-9g), con tendencia a ser más sanas dentro, sin embargo, se cumple con la calidad general en ambos puntos, es importante recalcar que se logra vender mejor el producto de mayor desarrollo o altura ya que el culantro no se vende por peso,

esto nos indica que las plantas producidas en la casa sombra son de mejor apariencia para su venta.

## Lechuga

El cuadro 4 muestra los resultados obtenidos de apariencia fitosanitaria, peso y altura en el cultivo de lechuga en las dos épocas de siembra y las normas de calidad para su comercialización.

**Cuadro 4.** Valoración de longitud y peso de la lechuga al momento de la cosecha, comparados por las normas estándar.

Lechuga		Apariencia Fitosanitaria		Altura (cm)		Peso (g)*		Referencia	
		Interno	Externo	Interno	Externo	Interno	Externo	Peso (g)**	Altura (cm)***
Época Seca	Promedio	Sanas	Sanas	25,6a*	22,6 <sup>a</sup>	130,9a	216,1b	280-450	25-28
Época Lluviosa	Promedio	Sanas	Dañado	25,6a	21,6b	143a	164,7a	280-450	25-28

\*Letras distintas denotan diferencias significativas (5%)

\*\*CNP, 2010

\*\*\*Establecido a criterio de la postulante en común acuerdo con el productor.

Las plantas que se cosecharon en la época seca indiferentemente que fueran cultivadas en lo interno o externo de la casa sombra tuvieron una apariencia fitosanitaria sana, sin daños, ni presencia de insectos, caso similar ocurrió con las lechugas cosechadas en la época lluviosa

dentro de la casa sombra las cuales no presentaron daños, las que cosecharon externamente presentaron daños por insectos.

En la época seca la altura que alcanzaron las plantas en promedio fue de 25,6 cm en lo interno de la casa sombra y 22,6 cm fuera de esta, no hubo diferencias significativas ( $p: 0.7896$ ), El peso promedio obtenido para esta misma época de siembra fue de 130 g en el interior y 216,10g en el exterior, sí hubo diferencias significativas en esta variable ( $p: 0.0001$ )

En la época lluviosa la altura que alcanzaron las plantas en promedio fue de 25,61 cm en el interior de la casa sombra y 21,77 cm en el exterior de esta, si hubo diferencias significativas ( $p: 0.0001$ ), el peso promedio obtenido para esta misma época de siembra fue de 164,7 g en el interior y 143 g en el exterior, no hubo diferencias significativas en esta variable ( $p: 0.05$ ), es importante tomar en cuenta el tiempo que se le dio a la lechuga antes de ser cosechada ya que se cosechó a las cuatro semanas, pero según indica la teoría se debe dar tiempo de cosecha unas 6 semanas aproximadamente; sin embargo, a criterio del productor se hizo la cosecha antes de lo establecido, razón que nos lleva a pensar que de haber dado el tiempo establecido por su ciclo de cultivo podría esperarse una respuesta diferente a la encontrada en esta investigación.

De acuerdo con la referencia de calidad se puede observar que sólo las plantas sembradas bajo ambiente protegido indiferentemente de la época de siembra alcanzaron el rango óptimo de altura. Cuando observamos los valores de peso indiferentemente del lugar de siembra y de la época de siembra, sin embargo, ninguna de las plantas cosechadas cumple con lo esperado.

Resultados similares a los encontrados en esta investigación son reportados por Velázquez y Ruiz (2014), aunque lo refieren en términos de materia seca de la parte aérea: no encontraron diferencias estadísticas significativas para el cultivo de lechuga en los dos tipos de ambiente.

Además, datos en cuanto a crecimiento, peso u otros estándares, van a mostrar variaciones de acuerdo con los datos climáticos presentes en cada región geográfica, y obviamente van a cambiar entre países. Pero para el caso costarricense los resultados obtenidos en esta investigación permitirían vender lechugas de apariencia suficiente.

El porcentaje de sombreo de la infraestructura utilizada fue de un cercano a 50 %, lo cual en apariencia es muy elevado para la zona estudiada y así las plantas de lechuga no recibieron la suficiente luz para su desarrollo y presentaron cierta etiolación, como lo menciona PROAIN (2020), una iluminación escasa origina como consecuencia la etiolación, que consiste en el alargamiento de la plántula a costa de perder resistencia en sus tejidos estructurales (entrenados más largos, menor grosor, mayor fragilidad, etc.)

## **Apio**

En el cuadro 5 se muestran los datos de cosecha para el apio comparados con los estándares de calidad. Cabe destacar que según lo mencionó el productor, en la zona donde se llevó a cabo la siembra, los consumidores prefieren plantas pequeñas (250 a 400 g), por ende, la cosecha del cultivo se basó en la opinión del vendedor y que de esta forma se le hiciera factible la venta del apio.

**Cuadro 5.** Valoración de longitud y peso del apio al momento de la cosecha, comparados por las normas estándar.

Apio		Apariencia Fitosanitaria		Altura de la planta (cm)		Peso de la planta* (g)		Referencia	
		Interno	Externo	Interno	Externo	Interno	Externo	Peso (g)**	Altura (cm)***
Época Seca	Promedio	Sanas	Sanas	45,4a*	33b	220a	170,6b	250-400	<b>25-30</b>
Época Lluviosa	Promedio	Daño	Daños	38a	33,6 <sup>a</sup>	66,9a	96,1a	250-400	<b>25-30</b>

\*Letras distintas denotan diferencias significativas (5%)

\*\* CNP, 2010

\*\*\*Establecido a criterio de la postulante de acuerdo con el criterio de mercado vecinal.

La apariencia fitosanitaria de las plantas para la época seca fue adecuada, sin embargo, en la siembra de la época lluviosa no se dio de la misma forma ya que se presentaron daños en algunas de las plantas como pudrición de raíces en el interior de la casa sombra y daños de pudrición total de las plantas en el exterior de la casa sombra, se trataron de controlar y minimizar las pérdidas con aplicación de productos químicos ya antes mencionados, pero por la delicadeza o susceptibilidad a enfermedades del cultivo, siempre hubo pérdidas.

En la época seca la longitud que alcanzaron las plantas en promedio fue de 45,4 cm en lo interno de la casa sombra y 33 cm en el exterior de esta, lo cual representa diferencias significativas ( $p: 0.0001$ ), ambos valores son superiores a las referencias de calidad establecidas. El peso promedio obtenido para esta misma época de siembra fue de 220 gramos en el interior y 170,6 gramos en el exterior, y ello implicó diferencia significativa para esta variable ( $p: 0.035$ ).

En la época lluviosa la longitud que alcanzaron las plantas en promedio fue de 38 cm en el interior de la casa sombra y 33,6 cm en el exterior de esta, no hubo diferencias significativas

( $p$ : 0.279); ambos valores superaron la referencia de calidad. El peso promedio obtenido para esta misma época de siembra fue de 66,9 g en el interior y 96,1 g en el exterior, no hubo diferencias significativas en esta variable ( $p$ : 0.473). Esto se debió al exceso de lluvia que hubo durante esos meses de siembra, algunas plantas murieron por la pudrición de raíz generada por el exceso de agua en el suelo, o se vieron con problemas de pudrición de follaje por esta misma causa.

La casa sombra generó condiciones ambientales favorables para los cultivos, el no poder controlar el exceso de agua en la época lluvioso generó un problema en el caso del apio, que es muy vulnerable al exceso de humedad.

En relación con la referencia de calidad del apio, cabe aclarar que existen pocas investigaciones al respecto, sin embargo, los resultados obtenidos en la presente investigación son similares a los que ya otros autores han reportado. Para el caso de la longitud de planta, Vigliola (1986) citado por Machaca 2007, indicó que la altura promedio de las plantas de apio suelen ser de entre 30 y 60 cm, en las variedades cultivadas; y Machaca (2007) logró determinar para distintas variedades de apio, promedios de altura de entre 38,99 y 43,64 cm.

Para efectos de esta investigación, tal y como se mencionó anteriormente se tomó en cuenta la opinión del productor, el cual mencionó que era conveniente cosechar las plantas a la altura y peso determinadas por él, para que el cultivo no se desperdiciara y se pudiera vender, puesto que los consumidores comúnmente le indican que prefieren comprar plantas pequeñas. Esto redundó en una altura promedio de 33 a 45,4 cm, pero el peso promedio de entre 66,9 g y 220 g no fue congruente con lo esperado. Con respecto a este último punto, es importante rescatar que no se logró cumplir con la referencia propuesta de 250 a 400 g. Específicamente las plantas de apio tuvieron bastante afectación en la estación lluviosa, esto debido a la incidencia

del exceso de agua provocado por las lluvias. Esto denotó una insuficiente atención por parte del productor para este cultivo y la obvia necesidad de implementar medidas agronómicas superiores.

Además, se debe considerar que la venta del producto fue local y que, por premura del productor por cosechar, incidió en que no se pudiera dar el tiempo total al cultivo para un mayor desarrollo.

El apio es una planta que requiere de bastantes cuidados, especialmente todo lo relacionado con el exceso de agua, uso de suelo y humedad. Tal como lo menciona Vgliolia (1992) citado por Machaca (2007); el cultivo de apio no es demasiado exigente en suelos, siempre que no sea excesivamente húmedo.

Lo mencionado anteriormente se reflejó en los resultados de esta investigación donde en la época lluviosa en el desarrollo del cultivo de apio fue de menor calidad, ya que hubo mayores problemas patológicos, puesto que se dio la presencia de fuertes lluvias lo que ocasionó un exceso de humedad. Además, se observó la falta de tensión del techo de la casa sombra y ello ocasionaba acumulación de agua en algunos sitios del tejido y esto dio paso a presencia de una concentración de agua en algunos sitios.

Parece haber una tendencia inversa en relación con los otros cultivos en cuanto a peso en el interior de la casa sombra, lo cual podría significar que esas condiciones (luz principalmente) podrían ser más beneficiosas para este cultivo, ya que como lo menciona Pacheco (2019), la falta de luz se manifiesta en un alargamiento y debilitamiento de los tallos, así como la palidez y amarillamiento de las hojas. Sin embargo, esta característica no mejoró el valor de venta ya que indiferentemente de donde se produjeron los tallos de apio, todos se vendieron al mismo precio.

Al finalizar el análisis de las variables estudiadas se determina que en esta investigación se acepta la hipótesis alternativa, ya que se encontraron diferencias en las cualidades y en la producción de las tres hortalizas estudiadas cuando se comparan los resultados obtenidos en los dos ambientes y en las dos épocas de siembra.

Si bien es cierto las condiciones ambientales variaron entre la casa sombra y la intemperie y entre las dos épocas del año analizadas, también es cierto que esta variación pudo deberse a como ya se ha mencionado a que el periodo de la siembra a la cosecha no fue respetado, esto principalmente para las lechugas y el apio, esto por decisiones del productor.

También es cierto que estas diferencias fueron significativas ya que las hortalizas cosechadas en el interior de la casa sombra por lo general presentaron mejor apariencia que las cosechadas a la intemperie, e inclusive se lograron valores superiores a los de las referencias utilizadas en esta investigación indiferentemente de lugar de siembra y de la época de siembra.

Otra cosa por destacar importante fue que, aunque existieron diferencias en las cualidades e inclusive en la producción de las hortalizas dependiendo del lugar y la época de siembra, esto no afectó su venta ya que todas las hortalizas fueron vendidas y cumplieron las expectativas del productor. Esto considero se debió y como ya se mencionó a que el mercado en la zona no es muy exigente esto por cuanto la zona no es una zona hortícola lo que hace una zona poco exigente principalmente a las cualidades de las hortalizas.

## V. CONCLUSIONES

- La tecnología de casa de sombra propició una mejora en la apariencia de los cultivos, mas no en su relación con el peso y por tanto, surgen dudas en tanto el cumplimiento de las expectativas; sin embargo, esto puede deberse a la necesidad de ajustes y de la incorporación de otras alternativas para mejorar las condiciones internas para las plantas, por ejemplo, falta de tensión en los cables (y el tejido mismo) o la necesidad de reducir el nivel de sombreamiento. A esto debe sumarse la necesidad de mejorar la experiencia del productor en el manejo agronómico de estos cultivos
- Las condiciones micro climáticas del interior y del exterior de la casa sombra fueron adecuadas para la producción de hortalizas de hoja estudiadas, pero el sistema de casa sombra debe adaptarse y mejorarse a las condiciones ambientales de la zona, así como el manejo agronómico el cual debe de ser más sistemático y presentar mejoras para un buen desarrollo de las hortalizas.
- La calidad sanitaria de las tres hortalizas estudiadas se vio afectada principalmente en la época lluviosa y cuando se cultivaron en el exterior de la casa sombra, sin embargo, esta afectación no incidió directamente en la calidad integral del producto comercializado.
- Indiferentemente de lugar y época de siembra en las tres hortalizas estudiadas, las características de los productos no impidieron su venta, por tratarse de un mercado local

poco exigente, pues en la zona no se producen hortalizas y la oportunidad de contar con producto fresco podría haber generado una percepción particular sobre la calidad.

- Existe la necesidad de realizar más investigaciones empleando tecnologías complementarias para el manejo de cultivos en ambiente protegido y manejo diferenciados de los cultivos.

## VI. RECOMENDACIONES

- Es conveniente promover mayor investigación en el uso de esta tecnología. Por ejemplo, se debería valorar el uso de un tejido con menor porcentaje de sombreo (por ejemplo 30 %) tal que se pueda evitar etiolación y favorecer el desarrollo en término de masa.
- La zona estudiada no es un lugar típicamente hortícola y plantea serios retos también en torno de las precipitaciones; por esto debe considerarse probar además otros cultivos con la finalidad de determinar aquéllos más adaptados al clima y suelo local.
- Sería importante también con base en lo anterior, implementar tecnologías de apoyo estacional, como por ejemplo coberturas plásticas similares a las que se implementan en cultivo a cielo abierto (“techitos”) o cobertura de suelo (“mulch”), a fin de mejorar la protección de plantas más susceptibles a cambios ambientales y verificar su efectividad comparativa dentro y fuera de la casa sombra.

## VI. REFERENCIAS

- Alonso, A y Guzmán, G. (2008). Buenas Prácticas en Producción Ecológica Cultivo de Hortícolas. Recuperado de [http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/Cultivo\\_de\\_Hort%C3%ADcolas\\_tcm7-187416.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/Cultivo_de_Hort%C3%ADcolas_tcm7-187416.pdf)
- Argus, (2010). Light and lighting control in greenhouses. Argus Control Systems Ltd. Disponible en [http://. arguscontrols.com/resources/Light-and-Lighting-Control-in-](http://.arguscontrols.com/resources/Light-and-Lighting-Control-in-)
- Ayala, F. (2010). Aplicación de mallas sombra. Revista digital Horticultivos.. Disponible en <http://horticultivos.com/aplicacion-de-mallas-sombra-2/>
- Barrantes, R. (2002). Investigación: un camino al conocimiento, un enfoque cuantitativo y cualitativo. San José, Costa Rica. Editorial: Universidad Estatal a Distancia (UNED.)
- Bolaños, A. (2001). Introducción a la olericultura. San José, Costa Rica. Editorial: Universidad Estatal a Distancia (UNED)
- Caldari, P. (2007). Manejo de la luz en Invernaderos. Los beneficios de Luz de Calidad en el cultivo de Hortalizas. I Simposio Internacional de Invernaderos, México. Recuperado de <https://es.slideshare.net/andres333/manejo-de-laluzeninvernaderos>. Recopilado el 22 de mayo del 2016.

Cambronero, F. (2010). Guía de productos hortifrutícolas. Consejo Nacional de Producción, Programa de Abastecimiento Institucional. San José, Costa Rica.

Cook, R. y Calvin. L. (2005). Greenhouse tomatoes change the dynamics of the North American fresh tomato industry. U.S. Department of Agriculture. Economic Research Service, Economic research report no. 2.

Consejo Nacional de Producción (CNP), (2010). Guía de productos Hortifrutícolas. Consideraciones importantes sobre su manipulación y manejo poscosecha. <https://www.cnp.go.cr>.

Estrada, S. *et al.* (2004). Programa de Investigación: “Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Hortalizas”. Universidad Nacional de Colombia. Segunda edición.

FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT) (1990). Protected cultivation in the Mediterranean climate. Rome. 313 p.

FAO (2015). Gestión de los recursos naturales con innovación y desarrollo tecnológico para impulsar la competitividad de la agricultura familiar. Costa Rica.

FAO (2016). (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). Economía e innovaciones políticas para una agricultura climáticamente inteligente. <http://www.fao.org>

- Fernández, E. (2013). Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de cultivos por sectores evaluación del riesgo agroclimático por sectores. Primer informe. Recuperado de <http://trabajosocial.sociales.uba.ar/wp-content/uploads/sites/13/2017/05/normas-APA.pdf>
- Gallegos, G y Righini, R. (2005). Análisis de la correlación entre la radiación fotosintéticamente activa y la radiación solar global en San Miguel, provincia de Buenos Aires. Volumen 9. Buenos Aires, Argentina. Disponible en [http://www.gersol.unlu.edu.ar/trabajos/arti017\\_05.pdf](http://www.gersol.unlu.edu.ar/trabajos/arti017_05.pdf)
- Hernández, J. (2003). Crecimiento y desarrollo del cilantro *Conandrum satívum* l. por efecto del fotoperiodo y la temperatura y su control con fito reguladores. Recuperado de <http://eprints.uanl.mx/5784/1/1020148421.PDF>
- Horticultivos, (2013). La producción de hortalizas en casa sombra. Editorial Agro Cultivos S.C. de R.L. de C.V. México. Disponible en <http://horticultivos.com/la-produccion-de-hortalizas-en-casa-sombra-2/>
- Huacuja, G. (2006). El cambio climático. 45pp Instituto Nacional de Ecología. México.
- Huerta, A. (2012). Agricultura protegida. Agro entorno. Primera parte. (pp5). Recuperado de <http://www.funprover.org/agroentorno/agosto012pdf/agriculturaprotegida.pdf>

- López, E. (1999). Estudio de las Unidades Calor y Fotoperíodo en el Desarrollo del Cultivo de Cilantro (*Coriandrum sativum L.*). Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Machaca, F. (2007). Efecto de niveles de estiércol de ovino en el rendimiento de variedades de apio (*Apium graveolens l.*), bajo ambiente protegido en el Municipio de el Alto. Universidad Mayor De San Andrés, Facultad De Agronomía.
- Marín, F y Solórzano, M. (2013). Atlas nacional de ambientes protegidos de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. Disponible en <http://bibliodigital.itcr.ac.cr>
- Méndez, C y Marín, F. (2015). El concepto de agricultura protegida para el trópico latinoamericano. Boletín del Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola Bajo Ambientes Protegidos. Universidad de Costa Rica. Disponible en [http://www.mag.go.cr/acerca\\_del\\_mag/estructura/oficinas/prog-nac-aprot.html](http://www.mag.go.cr/acerca_del_mag/estructura/oficinas/prog-nac-aprot.html)
- Méndez, C y Soto, F. (2016). Evaluación de casas sombra en San Vito, Coto Brus. Universidad de Costa Rica. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno.
- Montero, R. (s.f). Información Institucional para la web, Agencia de Extensión Agropecuaria Pejibaye Región De Desarrollo Brunca.
- Murillo, G. (2014). Casas de sombra: metodología del escalamiento para la producción hortícola familiar en región Brunca (Costa Rica). Boletín del Programa Nacional Sectorial de

Producción Agrícola Bajo Ambientes Protegidos. Disponible en [http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/BoletinAP7\(45\).pdf](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/BoletinAP7(45).pdf)

Pacheco, A. (2019). Los factores ambientales y su influencia en invernaderos. Texcoco, México. Recuperado el 12 de agosto del 2020. Disponible en <https://acea.com.mx/articulos-tecnicos/alex-j-pacheco/73-los-factores-ambientales-y-su-influencia-invernaderos-361-estrategias-para-aumentar-y-reducir>

PROAIN, S. 2020. Importancia de la radiación solar en la producción de plántula. Recuperado el 13 de agosto del 2020. Disponible en <https://proain.com/notas/importancia-de-la-radiacion-solar-en-la-produccion-de-plantula>.

Rojas (2007). Guía de productos hortofrutícola. Consideraciones importantes sobre su manipulación y manejo pos-cosecha. (pp26) Consejo Nacional de Producción, Programa de abastecimiento institucional.

Rosegrant (2009). Cambio Climático El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. IFPRI Washington, D.C. Recuperado de [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/AGRO\\_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf)

Torres, A., López, R. (s.f). Medición de Luz Diaria Integrada en Invernaderos. Purdue University. Disponible en [flowers.hort.purdue.edu](http://flowers.hort.purdue.edu).

## VII. ANEXOS

## ANEXO 1

**Cuadro 6.** Uso y dosis de los productos utilizados en el cultivo de lechuga, culantro y apio.

<b>Producto</b>	<b>Usos</b>	<b>Dosis</b>
<b>Mancozeb</b>	Es un fungicida foliar, preventivo de contacto con acción de amplio espectro	1,5 – 2,5 kg/ha
<b>Arrivo</b>	Es un insecticida, presenta muy baja toxicidad y una buena acción residual.	150-200cc/ha
<b>Nativo</b>	Es un fungicida foliar de acción sistémica y mesostémica.	150 ml/hl
<b>Vydate</b>	Es un insecticida, nematicida sistémico y de contacto para uso agrícola.	2 - 5 litro/ha
<b>Cosmo-In</b>	Coadyuvante no-iónico con excelentes características para reducir la tensión superficial.	2 cc/litro de agua

## ANEXO 2



**Figura 6.** Cosecha de culantro, primera época de siembra (A), segunda época de siembra (B), comparación interna y externamente de la casa sombra.



**Figura 7.** Cosecha de lechuga en la segunda época de siembra, comparación interna y externamente de la casa sombra.



**Figura 8.** Cosecha de apio, primera época de siembra (A), segunda época de siembra (B), comparación interna y externamente de la casa sombra.

## ANEXO 3

**Pruebas t**

De acuerdo con los datos obtenidos de los tres cultivos, se realizaron pruebas t tanto en la época seca como lluviosa, tomándose como variables el peso y la altura y comparándose en cada variable el lugar de la siembra, es decir si era en el interior o exterior de la casa sombra. Con estas pruebas de hipótesis se conoció si la hipótesis era nula ( $H_0$ ) o alternativa ( $H_a$ ).

**Cuadro 7.** Pruebas T (peso-altura) para el cultivo de apio en época seca y lluviosa.

Época	Variable	G1	G2	$\bar{x}_{G1}$	$\bar{x}_{G2}$	$\bar{x}_{G1} - \bar{x}_{G2}$	LI	LS	T	p-valor
Seca	Peso	Con sombra	Sin Sombra	222,0	170,6	51,40	3,94	98,8	2,24	0,035
	Altura	Con sombra	Sin Sombra	46,4 a	33,0 b	13,40	10,43	16,3	9,35	<0,0001
Lluviosa	Peso	Sin Sombra	Con sombra	87,69	74,64	13,04	23,58	49,6	-0,73	0,473
	Altura	Con Sombra	Sin Sombra	42,71a	36,06 a	6,64	-5,79	19,8	1,11	0,279

**Cuadro 8.** Pruebas T (peso-altura) para el cultivo de culantro en época seca y lluviosa.

Época	Variable	G1	G2	$\bar{x}_{G1}$	$\bar{x}_{G2}$	$\bar{x}_{G1} - \bar{x}_{G2}$	LI	LS	T	p-valor
Seca	Peso	Sin sombra	Con Sombra	74,78	66,67	8,11	-	-	-2,80	0,0064
	Altura	Con sombra	Sin Sombra	33,11	29,14	3,96	2,06	5,87	4,14	<0,0001
Lluviosa	Peso	Sin Sombra	Con sombra	65,68	61,12	4,56	-	1,70	-1,45	0,15
	Altura	Sin Sombra	Con Sombra	34,03	31,03	2,41	-4,71	-	-2,10	0,04

**Cuadro 9.** Pruebas T (peso-altura) para el cultivo de lechuga en época seca y lluviosa.

Época	Variable	G1	G2	$\bar{x}_{G1}$	$\bar{x}_{G2}$	$\bar{x}_{G1} - \bar{x}_{G2}$	LI	LS	T	p-valor
Seca	Peso	Sin sombra	Con Sombra	216,10	133,6 2	82,48	- 120,1 8	- 44,7 7	-4,39	0,0001
	Altura	Con sombra	Sin Sombra	22,70	22,43	0,27	-1,27	2,32	0,27	0,7896
Lluviosa	Peso	Sin Sombra	Con sombra	162,12	142,4 5	19,66	- 40,05	0,73	-1,92	0,05
	Altura	Con Sombra	Sin Sombra	25,61	21,77	3,84	2,70	4,98	6,73	<0,0001