

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación

**Evaluación de la eficiencia de producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.)
bajo estructura protegida en comparación con el sistema tradicional a campo
abierto**

Estudiante

Alexander Joel Changovalín Llagua

Asesores

Julio Isabel López Montes M. Sc.

Patricia Azucena Arce Valladares MAP

Leonel Antonio Contreras Ing. Agr.

Honduras

Junio, 2023

Autoridades

SERGIO RODRIGUEZ ROYO

Rector

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA TREJO

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	6
Índice de Anexos	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos	13
Ubicación	13
Sistemas de Producción	13
Estructuras Protegida Tipo Mega Túnel.....	13
Producción a Campo Abierto	13
Establecimiento	13
Trasplante	14
Riego	15
Análisis de Suelo	15
Temperatura, Humedad Relativa e Intensidad Lumínica	15
Variable Medida.....	15
Biomasa.....	15
Incidencia de Plagas	16
Análisis de Costos.....	16
Diseño Experimental	16
Resultados y Discusión.....	17
Temperatura Dentro del Mega Túnel y a Campo Abierto	17
Humedad Relativa Dentro del Mega Túnel y a Campo Abierto.....	18
Intensidad de Luz	18

Biomasa.....	19
Incidencia de Plagas.....	20
Análisis de Costos.....	21
Conclusiones.....	24
Recomendaciones.....	25
Referencias.....	26
Anexos.....	28

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Tratamientos, sistemas de producción y preparación del suelo.....	14
Cuadro 2 Biomasa obtenida a la cosecha de la lechuga en el Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas – MIC-C dentro de mega túnel y a campo abierto, Zamorano, Honduras.....	20
Cuadro 3 Costos de producción de lechuga en el Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas – MIC -C bajo estructura protegida, Zamorano, Honduras	22
Cuadro 4 Costos de producción de lechuga en el Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas – MIC-C a campo abierto, Zamorano, Honduras	23

Índice de Figuras

Figura 1 Temperatura dentro del macro túnel y a campo abierto en la lechuga en el Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas – MIC-C, Zamorano, Honduras.....	17
Figura 2 Porcentaje de humedad relativa dentro del macro túnel y a campo abierto en la lechuga en el Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas – MIC-C, Zamorano, Honduras	18
Figura 3 Luz dentro del macro túnel y a campo abierto en la lechuga en el Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas – MIC-C, Zamorano, Honduras.....	19
Figura 4 Incidencia de plagas en la lechuga en el Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas – MIC-C, Zamorano, Honduras.....	21

Índice de Anexos

Anexo A Estructura protegida.....	28
Anexo B Camas con técnica de doble excavado	29
Anexo C Cosecha de lechuga.....	30
Anexo D Recolección de datos de biomasa	31

Resumen

El estudio evaluó la eficiencia de la producción de lechuga (*Lactuca sativa L.*) en dos métodos de producción, uno a campo abierto y el otro a estructura protegida tipo mega túnel. Cada uno de los sistemas de producción estaba conformado por cuatro camas convencionales y cuatro con el método del doble excavado, este último se realiza para mejorar la calidad del suelo e incrementar la productividad del cultivo. El estudio fue realizado en el Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas, Unidad de Manejo Integrado de Cultivos y Cambio Climático (MIC- CC) dentro de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Los datos de biomasa se obtuvieron a los 35 días después del trasplante. Los resultados obtenidos manifiestan que no hay diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en la variable biomasa. Las plagas tuvieron una menor incidencia en el macro túnel en comparación de campo abierto, pero no se observaron daños significativos en ninguno de los dos sistemas. Los sistemas de producción y el método de preparación de suelo no influyeron en la producción de biomasa cuando se le incorpora compost o materia orgánica.

Palabras clave: Doble excavado, humedad relativa, incidencia de luz, temperatura.

Abstract

The study evaluated the efficiency of lettuce (*Lactuca sativa L.*) production in two production methods, one in an open field and the other in a protected mega tunnel type structure. Each of the production systems consisted of four conventional beds and four beds with the double-digging method, the latter to improve soil quality and increase crop productivity. The study was conducted at the Regional Innovation Center for Vegetables and Fruits Integrated Crop Management and Climate Change Unit (MIC- CC) in the Panamerican Agricultural School, Zamorano. Biomass data were obtained 35 days after transplanting. The results obtained show that there is no significant difference ($P \geq 0.05$) in the variable of biomass. Pests had a lower incidence in the macro tunnel compared to the open field, but no significant damage was observed in either system. Production systems and soil preparation methods did not influence biomass production when compost or organic matter was incorporated.

Key words: Double digging, light incidence, relative humidity, temperature.

Introducción

La agricultura es un sector económico fundamental a nivel mundial, ya que es la principal fuente de alimentos para la población global. La producción de alimentos es esencial para satisfacer las necesidades nutricionales de las personas y garantizar su bienestar. La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de las verduras más importantes que se cultivan en todo el mundo y es un componente importante de una dieta saludable y equilibrada (Caicedo et al. 2020). Además de su importancia nutricional, la producción de lechuga también tiene un impacto económico significativo, se puede cultivar en una amplia variedad de climas, es una importante fuente de ingresos para los agricultores y una importante fuente de alimentos para la población global. La producción de lechuga también contribuye a la economía local al impulsar la creación de empleo y al generar ingresos para la comunidad.

El cultivar lechuga es una práctica agrícola común en todo el mundo, debido a su demanda y a la facilidad de cultivo de la planta. La lechuga se cultiva tanto en pequeñas huertas familiares como en grandes haciendas agrícolas y es un cultivo versátil que puede ser producido tanto en el campo como en invernaderos. La lechuga es una planta del orden Asterales y familia Asterácea, es cultivado en zonas de clima templado y subtropicales, para un correcto desarrollo del cultivo la temperatura promedio oscila entre los 16 °C a 21 °C (Chiroque y Castaño 2019; InfoAgro 2020). Este cultivo es de temporada fresca requiere de abundante agua. Debemos tomar en cuenta que dichos datos son generales ya que cada variedad tiene distintos requerimientos para su desarrollo vegetativo (Saavedra et al. 2017).

Sin embargo, la producción de lechuga puede ser un desafío debido a plagas, enfermedades y condiciones climáticas adversas. Además, la cosecha y el transporte de la lechuga puede ser difícil debido a su fragilidad y sensibilidad a las lesiones mecánicas (Saavedra et al. 2017).

El cultivo biointensivo es un método de agricultura enfocado principalmente en incrementar la producción de alimentos en pequeñas áreas de terreno (EcoBASE 2008; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013). Las prácticas utilizadas en el método de producción bio

intensivo son: doble excavado, uso de composta, siembra cercana, asociación y rotación de cultivos, uso de semillas de polinización abierta, cultivo para la producción de composta y generación de carbono y calorías, cuidado integral (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013).

El método del doble excavado es una técnica empleada en la agricultura para mejorar la calidad física y química del suelo por la incorporación de la materia orgánica, dicho método consiste en realizar una zanja de 30 cm de ancho, 1 m de largo, con una profundidad de 30 cm después de esto aflojamos el suelo y repetimos el proceso (Escuela Agrícola Panamericana Zamorano 2000; Centro de Agroecología y Permacultura 2008).

La tecnología del macro túnel puede ser una solución efectiva para mejorar la producción de lechuga y mitigar problemas fitosanitarios. El macro túnel es una estructura metálica, cubierta con plástico o malla anti insectos que protege a las plantas de las inclemencias del tiempo, como la lluvia, el viento y los rayos directos del sol, además proporciona un microclima, lo que resulta en un ambiente óptimo para el desarrollo del cultivo (Velásquez et al. 2014).

Además, el uso de dicha estructura permite a los agricultores controlar la presencia de plagas y enfermedades, lo que resulta obtener un cultivo más saludable y productivo. También permite una cosecha más eficiente y una mejor calidad de los productos, lo que aumenta la satisfacción de los consumidores y mejora la rentabilidad de la producción de lechuga (Vera 2020). Sin embargo, para que el cultivo de lechuga en macro túnel sea efectivo, es importante que los agricultores cumplan con ciertas prácticas. Por ejemplo, hacer un buen manejo del drenaje, para evitar problemas de humedad excesiva y hacer un manejo adecuado de la doble puerta para controlar el ingreso de vectores. Además de mantener una buena higiene, limpieza frecuente de las herramientas y prácticas fitosanitarias. Es necesario seleccionar las variedades de lechuga adecuadas ya que algunas responden mejor bajo estructuras protegidas debido a sus requisitos de luz y temperatura, mientras que otras son más adecuadas para el cultivo en campo abierto.

Es importante asegurarse que la estructura protegida tipo mega túnel esté construida adecuadamente para garantizar su durabilidad y eficacia. El mega túnel debe ser construido con

materiales de alta calidad y debe ser diseñado de manera que permita una fácil accesibilidad y mantenimiento. Si los productores desarrollan estas acciones podrán aumentar la producción de lechuga de alta calidad y mejorar su rentabilidad en el proceso (Canamerica [updated 2018]).

El objetivo de este estudio fue determinar el sistema más eficiente para la producción de lechuga, y si el método del doble excavado influye en el desarrollo de la lechuga.

Materiales y Métodos

Ubicación

La investigación se llevó a cabo desde el mes de enero hasta abril del año 2023 en el Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas – Módulo de Aprender Haciendo Manejo Integrado de Cultivos y Cambio Climático de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, situado en el Valle Yeguaré, San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, a 32 km de la carretera Tegucigalpa a Danlí, Honduras. Este lugar está situado a una altitud de 800 metros sobre el nivel del mar, a una temperatura promedio de 28 °C, una humedad relativa de 55%, con una precipitación promedio anual de 1,100 mm.

Sistemas de Producción

Estructuras Protegida Tipo Mega Túnel

La estructura protegida tipo mega túnel: es una estructura metálica cubierta con malla anti insectos de 50 mesh, dicha estructura consta de tubos de hierro galvanizado de 6.0 m con un diámetro de 35 mm estos están colocados a 4.0 m de distancia entre ellos con una altura de 2 m de alto (Hunter 2010).

Producción a Campo Abierto

Sistema de producción convencional más utilizado de bajo costo y fácil implementación. En los dos sistemas de producción se implementó un sistema de riego con cinta de goteo para regar y fertilizar los dos sistemas de producción.

Establecimiento

Se estableció un área de 30.4 × 38 m, el cual fue preparado previo al establecimiento del experimento. Se estableció dos parcelas de 15.2 × 38 m cada una, en cada una de estas parcelas está compuesta de cuatro camas con doble excavado y cuatro camas convencionales.

Los tratamientos se definieron con base en los dos sistemas de producción y a las dos preparaciones que se dio al suelo, evaluando cuatro tratamientos que se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Tratamientos, sistemas de producción y preparación del suelo

Tratamiento	Sistema de producción	Preparación del suelo
1	Estructura protegida	Sistema biointensivo + Materia orgánica
2	Campo abierto	Sistema biointensivo + Materia orgánica
3	Estructura protegida	Cama tradicional + Materia orgánica
4	Campo abierto	Cama tradicional + Materia orgánica

Trasplante

El trasplante se realizó en la estructura protegida y el terreno asignados al Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas – Módulo de Aprender Haciendo Manejo Integrado de Cultivos y Cambio Climático de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Para el trasplante se utilizaron plántulas de lechuga tipo escarola variedad Florine de 68 días de germinación, se utilizaron dos tipos de camas para cada uno de los sistemas de producción; camas de doble excavado o biointensivo y cama convencional. Para realizar el sistema biointensivo se debe delimitar el área, situar en el extremo de la cama medir 30 cm de largo y 1 m de ancho o el largo de la hoja de la pala, mover el tablero a esta medida, con la pala remover los 30 cm de suelo para el frente de modo que se forme una zanja de 30 cm × 1 m, una vez realizado esta acción remueva toda la maleza e insectos que se encuentren. Una vez hecha la zanja con ayuda del trinche se vuelve a mullir 30 cm de suelo sin retirar dicho fragmento. Después de remover esta capa observar que haya incrementado su volumen, se debe medir los 30 cm nuevamente de forma recta, transportar la tabla utilizada para marcar hasta la nueva medida y repetir el proceso (Escuela Agrícola Panamericana Zamorano 2000).

El trasplante se realizó el 25 de febrero en horas de la mañana, con camas mullidas, húmedas y libres de maleza para asegurar un correcto pegue, las plántulas fueron trasplantadas a una profundidad similar a la de su pilón, el trasplante se realizó de forma cuidadosa para evitar daño foliar y radicular. El trasplante se realizó a una distancia de 30 cm entre planta con el sistema de plantación de tresbolillo con dos hileras por cama con una densidad de 4,107 plantas.

Se realizaron prácticas agrícolas como desmalezado, fertilización y riego, de manera frecuente. Se hizo el desmalezado en el macro túnel por la presencia de coyolillo (*Cyperus rotundus L.*)

verdolaga (*Portulaca oleracea*) y a campo abierto se realizó 4 veces con la presencia de verdolaga (*Portulaca oleracea*) y caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*).

Riego

Se estableció el sistema de riego con cinta de goteo para realizar el riego con una frecuencia de 3 días por semana con una duración de 1 hora/día para cumplir con la necesidad hídrica del cultivo de 2.4 mm/día (Diesel 2021).

Análisis de Suelo

Se realizó un análisis de suelo para determinar el calendario y las dosis correctas de fertilizante que se debe utilizar para la producción de lechuga. Los requerimientos del cultivo para su óptimo desarrollo son: nitrógeno 90 kg/ha, fósforo 35 kg/ha, potasio 160 kg/ha, magnesio 40 kg/ha y calcio 50 kg/ha (Núcleo Ambiental S.A.S. 2015).

Temperatura, Humedad Relativa e Intensidad Lumínica

El ensayo tuvo una duración de 35 días en el cual se monitoreo diariamente y con intervalos de dos horas temperatura y humedad relativa dentro de la estructura protegida y a campo abierto, utilizando el dispositivo Data Logger Onset HOBO Pro v2. También se monitoreo dos veces al día la luminosidad dentro de la estructura protegida como a campo abierto en horarios de 9 a 10 a.m. en la mañana y en la tarde de 2 a 3 p.m., utilizando el dispositivo LX801 Digital Lux Meter Mini Light Meter Portable Meter.

Variable Medida

Biomasa

Para este experimento se tomaron 100 plantas por cada tratamiento, se cuantifico el peso del follaje y la raíz, este procedimiento se realizó el día de la cosecha. Se utilizó una balanza SM de hasta 5kg para pesar la muestra individualmente para obtener datos de biomasa en gramos.

La biomasa en el cultivo de lechuga es un factor clave para su venta y comercialización. La cantidad y calidad de la biomasa producida por una planta está estrechamente relacionada con su rendimiento y calidad (Mara NCP da Silva et al. 2011).

Incidencia de Plagas

Se realizaron monitoreos semanales para determinar la incidencia de plagas presentes en los dos sistemas de producción, dicha evaluación se realizó con patometría (es la estimación cuantitativa de la enfermedad en el cultivo o el proceso de medición cuantitativa de las enfermedades), la cual nos dice que del número total de muestras debemos determinar las plantas sanas divididas para las plantas enfermas con lo cual se obtendrá el porcentaje de incidencia (Barea 2006).

Análisis de Costos

Se determinaron los costos de producción para cada uno de los tratamientos tomando en cuenta horas hombre, labores agrícolas, riego, desmalezado, cosecha, insumos agrícolas y así determinar el costo por sistema de producción. Mediante la formula ROI es una medida utilizada para evaluar cuánto dinero retorna en comparación de la inversión (Pursell 2023).

Diseño Experimental

Se implementó un diseño factorial 2^k (estudia el efecto de dos factores independientes en una variable dependiente, "k" representa el número de niveles que puede tener cada factor), se utilizó la prueba de ADEVA en el programa Infostat.

Para estudiar el efecto por sistema de producción de la lechuga (factor A) y la preparación de suelo (factor B) sobre la producción de lechuga (respuesta Y). En este estudio se utilizó un diseño factorial 2^2 con cuatro replicas, con un resultado de $4 \times 2^2 = 16$ corridas del proceso.

Se evaluaron cuatro tratamientos; lechugas bajo estructura protegida con la técnica de doble excavado, lechugas bajo estructura protegida con cama tradicional, lechugas a campo abierto con la técnica de doble excavado y lechugas a campo abierto con cama tradicional.

Con un total de cuatro unidades experimentales y cinco variables a medir: incidencia de plagas, temperatura, humedad relativa, intensidad de luz, biomasa y rentabilidad económica.

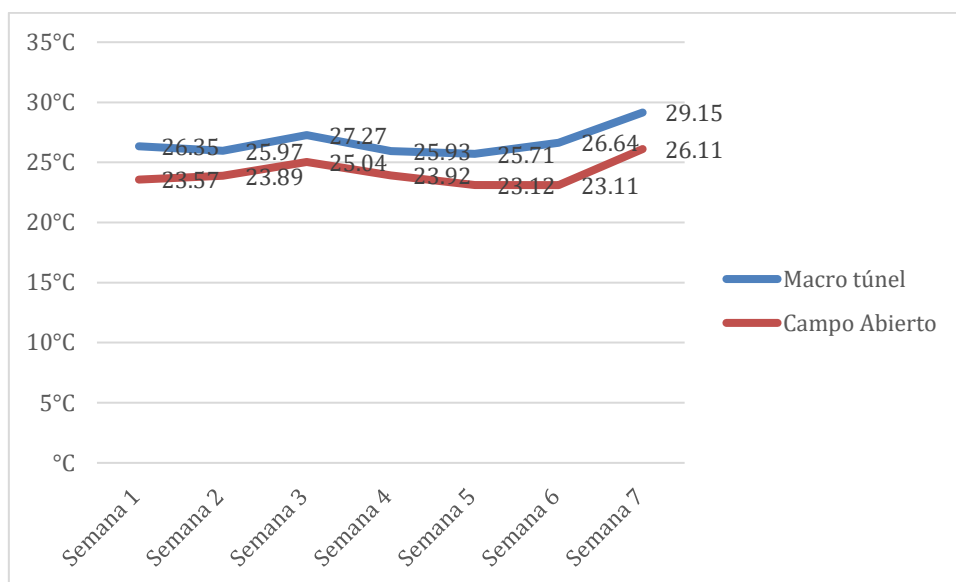
Resultados y Discusión

Temperatura Dentro del Mega Túnel y a Campo Abierto

En la figura 1 se presentan los datos del monitoreo de temperatura de los dos tratamientos, en el cual podemos observar la temperatura entre el macro túnel y a campo abierto. El macro túnel presentó una temperatura promedio de 26.44°C y la temperatura a campo abierto la cual estuvo en 23.87 °C.

Figura 1

Temperatura dentro del macro túnel y a campo abierto en la lechuga en el Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas – MIC-C, Zamorano, Honduras



La temperatura es uno de los factores importantes en el desarrollo de la lechuga, al tener variaciones constantes de esta se producen daños en el cultivo principalmente en su fisiología y morfología vegetal el cual afecta a su correcto desarrollo, con los cambios constantes de temperatura la estructura interna es afectada en la fotosíntesis y la respiración necesitando más nutrientes y microelementos (Carguachi 2022).

Según Guangasig Chango (2022) menciona que la lechuga es una oleaginosa, tolerante a temperaturas muy altas en mega túnel y en campo abierto a cambios bruscos de temperatura, llegando a su punto de cosecha en 49 días bajo cubierta y a 72 días a campo abierto. En este ensayo

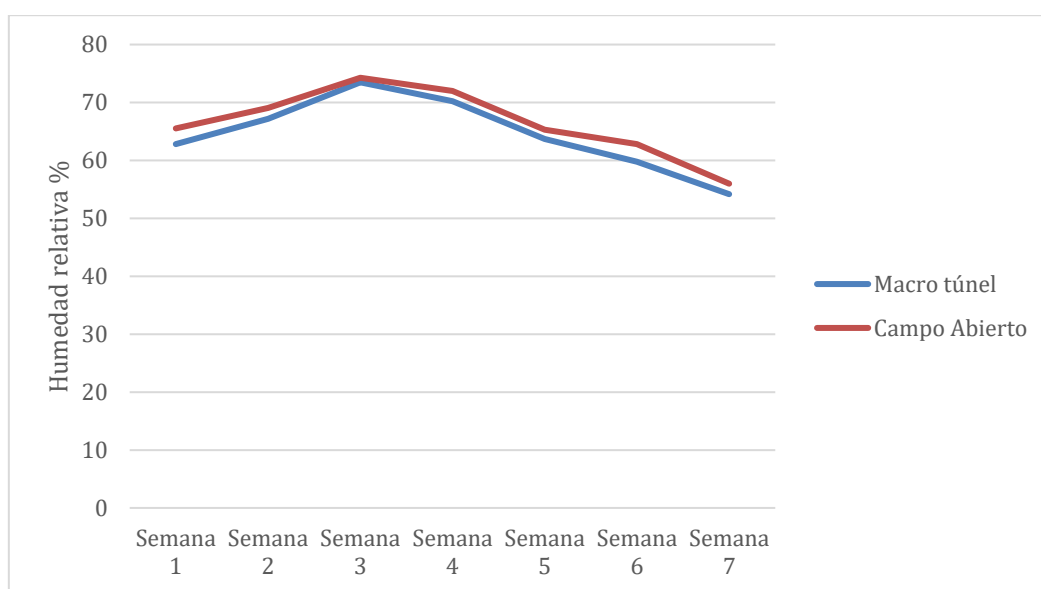
sucedió un efecto distinto ya que el cultivo a campo abierto se cosechó a los 29 días en comparación con el macro túnel que se dio a los 35 días.

Humedad Relativa Dentro del Mega Túnel y a Campo Abierto

En la figura 2 se presentan los datos del monitoreo de la humedad relativa (HR %) en macro túnel y campo abierto.

Figura 2

Porcentaje de humedad relativa dentro del macro túnel y a campo abierto en la lechuga en el Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas – MIC-C, Zamorano, Honduras



La humedad relativa recomendada para la lechuga oscila entre los 60 y 80%, de preferencia se aconseja tener en una humedad relativa menor al 60%, debido a que la lechuga tiene un sistema radicular muy pequeño en comparación de su área foliar lo cual vuelve susceptible a la falta de humedad (Lucero Malatay 2012). La humedad relativa registrada en los dos tratamientos indica que este factor se encuentran dentro del rango óptimo para el desarrollo de la lechuga (Vásques 2015).

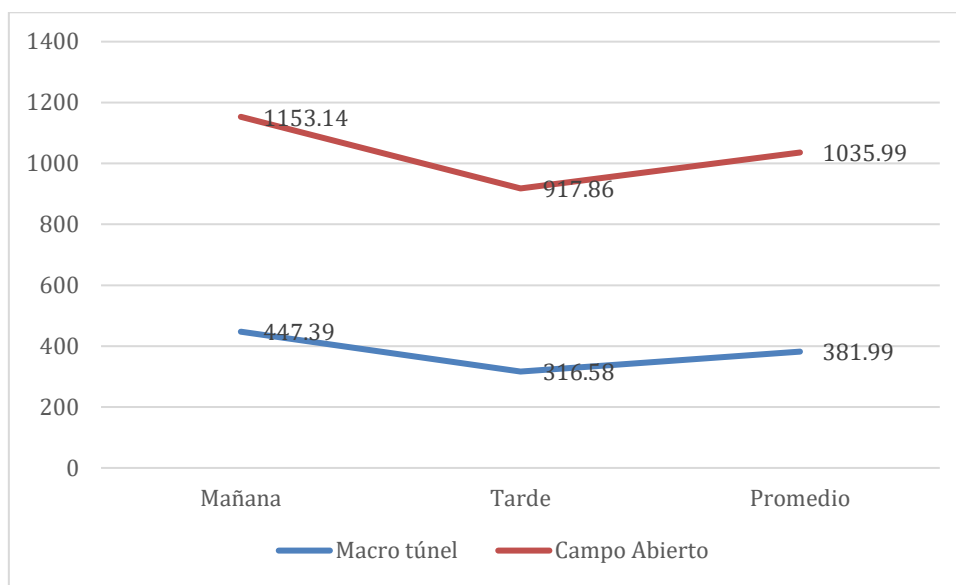
Intensidad de Luz

Tomando en cuenta la biomasa (cuadro 2) e intensidad de luz (figura 3) se afirmó que la luz es un factor importante para el crecimiento y rendimiento de las plantas. La fotosíntesis es el proceso

por el cual las plantas convierten la luz en energía, al tener una mayor cantidad de luz solar producen más energía lo cual se verá reflejado en una mayor biomasa y un mejor desarrollo.

Figura 3

Luz dentro del macro túnel y a campo abierto en la lechuga en el Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas – MIC-C, Zamorano, Honduras



La luz recomendada para la lechuga es de 12.000 a 30.000 lux para un correcto desarrollo (Hydro Environment 2015; Lumistraps ES Professionale a LED 2021), los dos sistemas de producción recibieron menos luxes de los que requiere, la cual afecta al desarrollo de las plantas (De Grazia et al. 2001).

Biomasa

En el cuadro 2 se detallan los valores obtenidos en cuanto a variables cuantitativas evaluadas en el cultivo de lechuga dentro del sistema de mega túnel y a campo abierto. En la variable de altura de plantas no se observaron diferencias significativas entre los sistemas de producción ni tratamientos evaluados. Sin embargo, se encontró diferencias significativas entre las medidas de ancho, raíz, follaje y biomasa de la planta con respecto a la preparación del suelo entre los sistemas de producción, obteniendo los mejores resultados en el tratamiento de campo abierto, cama tradicional + compost.

De igual manera, se observó diferencias significativas entre los parámetros de follaje y biomasa por sistema de producción. En cuanto a la preparación de suelo bajo la técnica del doble excavado para ambos sistemas de producción si existe una diferencia significativa. Sin embargo, al hacer la comparación de los métodos de preparación de suelo dentro de los sistemas de producción no existe una diferencia entre estos.

Cuadro 2

Biomasa obtenida a la cosecha de la lechuga en el Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas – MIC-C dentro de mega túnel y a campo abierto, Zamorano, Honduras

Tratamiento	Alto (cm)	Ancho (cm)	Raíz (g)	Follaje (g)	Biomasa (g)
Estructura protegida sistema biointensivo + M.O. ¥	14.52A	27.12 B†	11.78 B	164.71 b B	176.49 b B
Campo abierto sistema biointensivo + M. O.	15.05A	29.15 A	16.67 A	200.84 b A	217.51 b A
Estructura protegida cama tradicional + M.O.	13.68A	28.19 B	12.75 B	244.12 a B	256.87 a B
Campo abierto cama tradicional + M.O.	14.69A	29.42 A	16.59 A	322.02 a A	338.61 a A
PROMEDIO	14.49A	28.47	14.45	232.92	247.37
Fuente de variación	----- P > F† -----				
Sistema de Producción (S)	0.1387	0.2278	0.4959	<0.0001	<0.0001
Preparación del Suelo (P)	0.0646	0.0092	<0.0001	0.0017	0.0012
S*P	0.5406	0.4604	0.4212	0.1678	0.1876

Nota. † Valores con letra minúscula diferente en la misma columna, indican diferencias por efecto del Sistema de Producción; mientras que, valores promedio con letra mayúscula diferente dentro del mismo parámetro de evaluación indica diferencias por el efecto de la Preparación del Suelo. ‡ Todos los valores de $P \geq 0.05$ indican que no hay diferencia causada por los factores de evaluación y sus interacciones. ¥M.O: Materia orgánica

Los datos obtenidos en esta investigación son diferentes a los reportados por Velásquez et al. (2014), manifiesta que la lechuga plantada en macro túnel obtiene un peso promedio de 2.24 kg/planta en comparación con el cultivo a campo abierto con un promedio de 1.59 kg/planta, el incremento de peso es de un 40.88%.

Los resultados coinciden con los encontrados en un estudio sobre la influencia de la aplicación de bocashi y lombri-abono utilizando la técnica del doble excavado, la cual dio como resultado que no existe una diferencia significativa en el alto de la planta entre los tratamientos (Girón et al. 2012).

Incidencia de Plagas

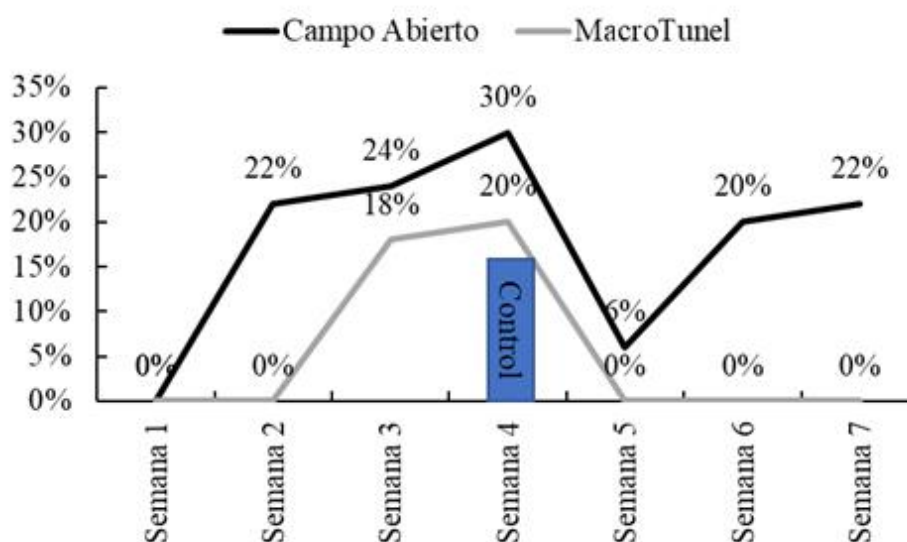
En la figura 4, observamos que a campo abierto existe incidencia de *Diabrotica balteata* desde la semana 2 hasta la 4 por presencia de plantas hospederas del insecto, la semana 4 es el punto más

alto de incidencia en el cual se encontró mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y *Diabrotica balteata*. En la semana 4 se realizó una aplicación de un insecticida (Imidacloprid 70%) para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y *Diabrotica balteata*, después de dicha aplicación no existió presencia de *Diabrotica balteata*, pero si la presencia de mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

En el macro túnel la presencia de insectos se dio hasta la semana 3 se presentó mosca blanca y de igual forma se realizó la aplicación del insecticida en la semana 4 con la única diferencia que después de la aplicación no existió presencia de mosca blanca.

Figura 4

Incidencia de plagas en la lechuga en el Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas – MIC-C, Zamorano, Honduras



Análisis de Costos

En el cuadro 3 y 4, podemos visualizar los costos de producción de cada sistema siendo el macro túnel el sistema de producción más costoso en comparación a la de campo abierto. El análisis de costos de cada uno de los sistemas de producción se obtuvo al aplicar la fórmula de ROI.

El análisis de costos se realizó tomando en cuenta el costo de producción como: análisis de suelo, materia orgánica, plántulas, plaguicidas, fertilizantes, mano de obra para: preparación del terreno, trasplante, riego, desmalezado y cosecha en cada uno de los sistemas de producción.

Para calcular el costo de la estructura tipo mega túnel por ciclo de cultivo se dividió el costo total de la estructura 226,511.04 \$USD para 6 años de duración y cuatro ciclos de cultivo por cada año dando un valor por ciclo de cultivo de 9,437.96 \$USD.

Se obtuvo un menor ingreso económico en el macro túnel con un 8.5 % en comparación con campo abierto el cual tuvo una rentabilidad del 65.7%.

ROI Macro túnel

$$\%ROI = \frac{16366.8 - 15084.6}{15084.6} \times 100 \quad [1]$$

ROI Campo abierto

$$\%ROI = \frac{9620.4 - 5806.88}{5806.88} \times 100 \quad [2]$$

Cuadro 3

Costos de producción de lechuga en el Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas –

MIC-C bajo estructura protegida, Zamorano, Honduras

	Macro túnel			
	Horas hombre	# de personas	Costo por hora \$USD	Costo \$USD
Labores agrícolas				
Preparación del terreno	64	18	1.15	1,324.8
Trasplante	8	26	1.15	239.2
Riego	18	9	1.15	186.3
Desmalezado	32	9	1.15	331.2
Cosecha	24	26	1.15	717.6
Insumos				
Análisis de suelo				60
Materia orgánica				20,33.33
Plántulas				657.12
Plaguicidas				18.68
Trichoderma				20
Urea				8.08
MAP				5.98
KCL				6.65
Nitrato de calcio				14.88
Sulfato de magnesio				22.82
Costo total de la estructura de mega túnel				226,511.0
Costo por ciclo de cultivo				9,437.96
Costo total de producción				15,084.6
Precio total unitario				16,366.8

Cuadro 4

Costos de producción de lechuga en el Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas –

MIC-C a campo abierto, Zamorano, Honduras

	Campo abierto			
	Horas hombre	# de personas	Costo por hora \$USD	Costo \$USD
Labores agrícolas				
Uso de maquinaria	2	1	79.52	159.04
Preparación del terreno	64	18	1.15	1,324.8
Trasplante	8	26	1.15	239.2
Riego	18	9	1.15	1,6.3
Desmalezado	32	9	1.15	331.2
Cosecha	24	26	1.15	717.6
Insumos				
Análisis de suelo				60
Materia orgánica				2,033.33
Plántulas				657.12
Plaguicidas				18.68
Trichoderma				20
Urea				7.33
MAP				2.18
KCL				9.04
Nitrato de calcio				16.48
Sulfato de magnesio				24.58
Costo total de producción				5,806.88
Precio total unitario				9,620.4

Conclusiones

La incorporación de materia orgánica mejorara la estructura del suelo incrementando su porosidad.

La implementación del macro túnel como sistema de producción nos permite tener una menor incidencia de plagas por ende se tiene un menor índice de mortalidad de plantas.

La luz es uno de los factores importantes para el desarrollo y formación de biomasa en las plantas, pero al tener una menor cantidad de luz estos dos factores se ven afectados, lo cual se ve reflejado en el rendimiento del cultivo.

Recomendaciones

Realizar investigaciones en las cuales se compare camas con el método de doble excavado y camas convencionales con la utilización de micorrizas y comparar el desarrollo radicular.

Continuar con la evaluación de camas con el método de doble excavado con la incorporación de distintas fuentes de materia orgánica y como afecta el desarrollo de la lechuga.

Evaluar el método de doble excavado en distintos sistemas de producción y bajo diferentes tipos de estructuras protegidas como: invernaderos de madera, metal, vidrio, casa malla, casa china, micro túneles y también en diferentes épocas del año ya que muy probablemente la lluvia pueda tener un efecto en el desarrollo mismo de las plantas y en la presencia de una mayor cantidad de plagas y enfermedades.

Referencias

- Barea G. 2006. Patometría incidencia y severidad. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 21 de mar. de 2023; consultado el 3 de may. de 2023]. <https://es.slideshare.net/jesusmamani961/patometria-incidencia-y-severidad>.
- Caicedo J, Puyol J, López M, Ibáñez S. 2020. Adaptabilidad en el sistema de producción agrícola: Una mirada desde los productos alternativos sostenibles. *Revista de Ciencias Sociales RCS*. XXVI(4):308–325. <https://www.redalyc.org/journal/280/28065077024/html/>.
- Canamerica. [actualizado 2018]. Macrotúnel simple. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 2 de abr. de 2023]. <https://canamerica.cl/invernadero-macrotunel-simple/>.
- Carguachi L. 2022. Evaluación del rendimiento de lechuga crespa (*Lactuca Sativa L.*) Var. *Batavia*, en dos tipos de invernaderos, Parroquia Calpi, cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo [Tesis de pregrado]. Chimborazo: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 128 p; [consultado el 19 de abr. de 2023]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17454/1/13T01022.pdf>.
- Centro de Agroecología y Permacultura. 2008. Manual de campo del método de cultivo biointensivo. [sin lugar]: Educación con Base en la Agricultura Sustentable y Ecológica; [actualizado 3.2008; consultado el 14 de jun. de 2023]. <http://bionica.org/cbn/wp-content/uploads/2013/01/El-M%C3%A9todo-Manual-de-Campo.pdf>.
- Chiroque J, Castaño R. 2019. Caracterización de la Lechuga (*Lactuca sativa.L.*) en la unidad Guayabal [Tesis de pregrado]. Cuba: Universidad Agraria de La Habana; [consultado el 3 de may. de 2023]. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/caracterizacion-lechuga-lactuca-sativa-t44527.htm>.
- De Grazia J, Chiesa A, Tiftonell P. 2001. Efecto de la época de siembra, radiación y nutrición nitrogenada sobre el patrón de crecimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*). *Producción y protección vegetales*; [consultado el 3 de may. de 2023]. 16(3):6–12.
- Diesel R. 2021. Riego en el cultivo de lechuga. [sin lugar]: Traxco; [actualizado el 23 de jun. de 2021; consultado el 14 de jun. de 2023].
- [EcoBASE] Educación con Base en la Agricultura Sustentable y Ecológica. 2008. Manual de campo del método de cultivo biointensivo. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 30 de mar. de 2023]. 26 p.
- Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 2000. Manual del Huerto Familiar con Enfoque Biointensivo. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano; [consultado el 14 de jun. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/40bca351-cac2-44ff-8c20-3464b7d97c12/content>.
- Girón C, Martínez C, Monterroza M. 2012. Influencia de la aplicación de bocashi y lombriabono en el rendimiento de calabacín (*Cucurbita pepo L.*), espinaca (*Spinacia oleracea L.*), lechuga (*Lactuca sativa L.*) y remolacha (*Beta vulgaris L.*), bajo el método de cultivo biointensivo, San Ignacio, Chalatenango. [Tesis de pregrado]. El Salvador: Universidad del Salvador; [consultado el 3 de may. de 2023].
- Guangasig Chango AM. 2022. Evaluación del efecto de temperatura en el cultivo de hortalizas lechuga crespa, (*Lactuca sativa*) papa nabo, (*Brassica rapa*), nabo (*Brassica napus*), bajo cubierta plástica y campo abierto en el campus ceasa, cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, 2022. [Tesis de pregrado]. Cotopaxi: Universidad Técnica de Cotopaxi; [consultado el 3 de may. de 2023].

- Hunter BL. 2010. Enhancing Out-of-Season Production of Tomatoes and Lettuce Using High Tunnels. [sin lugar].
- Hydro Environment. 2015. La luz en tus plantas. México: [sin editorial]. https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=221.
- InfoAgro. 2020. El cultivo de la lechuga. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 11 de feb. de 2023]. <https://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>.
- Lumistrips ES Professionale a LED. 2021. Guía de iluminación para el crecimiento de las plantas (horticultura) con LEDs. Alemania: [sin editorial]. <https://www.es.lumistrips.com/lumistrips-blog/plant-growth-led-lighting-guide-es/>.
- Mara NCP da Silva E, F Ferreira RL, Elviro de Araújo Neto S, B Tavella L, JS Solino A. 2011. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. Associação Brasileira de Horticultura; [consultado el 3 de may. de 2023]. 29(9):242–244. <https://www.scielo.br/j/hb/a/qY5ksHmrYcX65hc8bM7ndkG/?lang=pt&format=pdf>.
- Núcleo Ambiental S.A.S. 2015. Manual de lechuga. Bogotá: Cámara de comercio Bogotá; [actualizado el 3 de may. de 2023].
- Pursell S. 2023. ¿Qué es el ROI y cómo se calcula? (fórmula y ejemplos). [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 23 de may. de 2023; consultado el 23 de may. de 2023]. <https://blog.hubspot.es/marketing/que-es-roi>.
- Saavedra G, Corradini F, Antúnez A, Felmer S, Estay P, Sepúlveda P. 2017. Manual de producción de Lechuga. Instituto de Desarrollo Agropecuario (INIA); Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INDAP); [consultado el 3 de may. de 2023]. (374):12–13.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2013. El huerto familiar biointensivo. Progreso 3, planta alta, Col. del Carmen, Coyoacán, 04100: [sin editorial].
- Vásques J. 2015. Evaluación agronómica de cinco variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres ciclos de siembra consecutivos, en San Miguel de la Tigra, San Carlos, Alajuela, C.R. [Tesis de pregrado]. Costa Rica: Universidad Tecnológica de Costa Rica; [consultado el 3 de may. de 2023].
- Velásquez P, Ruíz H, Chaves G, Luna C. 2014. Productividad de lechuga (*Lactuca sativa*) en condiciones de macro túnel en suelo Vitric haplustands. Revista de Ciencias Agrícola; [consultado el 3 de may. de 2023]. 31(2):101–103.
- Vera RE. 2020. Efecto de la luz solar en la producción de Lechugas (*Lactuca Sativa* L.) bajo un sistema hidropónico [Trabajo de titulación]. Ecuador, Milagro: Universidad Agraria del Ecuador; [consultado el 3 de may. de 2023]. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/Roxana%20Vera%20Leon_compressed.pdf.

Anexos

Anexo A

Estructura protegida



Anexo B*Camas con técnica de doble excavado*

Anexo C

Cosecha de lechuga



Anexo D*Recolección de datos de biomasa*