

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



Proyecto Especial de Graduación

**Evaluación de la producción de Apio (*Apium graveolens* L.) variedad David,  
bajo estructura protegida versus campo abierto, en Jiniguare, Ojojona,  
Francisco Morazán, Honduras**

Estudiante

Cesia Noemí Pacheco Santos

Asesores

Julio I. López Montes, M.Sc.

Patricia A. Arce Valladares, MAP

Leonel A. Contreras Salinas, Ing.

Honduras, agosto 2023

## **Autoridades**

**SERGIO RODRIGUEZ ROYO**

Rector

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**CELIA O. TREJO RAMOS**

Directora Departamento Ciencia y Producción Agropecuaria

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

### **Agradecimientos**

Al productor señor Alcides Valladares por permitirme ingresar a su campo de producción y sus colaboradores por su apoyo en mi investigación.

También agradezco a la cadena de supermercados Walmart México y Centro América por el apoyo al productor y realización de mi proyecto. De manera especial a mis asesores el Ing. López, la Ing. Arce e Ing. Contreras por su apoyo en la realización de mi proyecto de manera satisfactoria.

## Contenido

Agradecimientos .....	3
Contenido.....	4
Índice de Cuadros .....	6
Índice de Figuras .....	7
Índice de Anexos.....	8
Resumen .....	9
Abstract.....	10
Introducción.....	11
Materiales y Métodos .....	13
Ubicación y Área .....	13
Variedad del Cultivo.....	13
Manejo Agronómico .....	13
Establecimiento del Estudio.....	13
Variables Evaluadas .....	13
Altura de la Planta.....	14
Biomasa.....	14
Calidad del Tallo y Hoja Comercializable .....	14
Coloración de la Planta .....	15
Productividad.....	15
Número de Tallos a Cosecha.....	16
Temperatura .....	16
Intensidad Lumínica .....	16
Humedad Relativa.....	16
Tamaño y Peso de la Raíz.....	16
Diseño Experimental .....	17

Análisis Estadístico .....	17
Resultados y Discusión .....	18
Altura de la Planta.....	18
Parámetros Productivos.....	19
Tamaño y Peso de Raíz.....	20
Color y Calidad de la Planta .....	21
Monitoreo Temperatura (°C) .....	22
Monitoreo Humedad Relativa (HR%).....	23
Monitoreo Intensidad lumínica .....	24
Conclusiones .....	24
Recomendaciones .....	26
Referencias.....	27
Anexos.....	30

### Índice de Cuadros

Cuadro 1	Escala de calificación de la calidad del apio ( <i>Apium graveolens</i> L.) en la poscosecha	14
Cuadro 2	Altura de la planta días después de trasplante (DDT), Jiniguare, Ojojona, Francisco Morazán, Honduras.....	19
Cuadro 3	Parámetros productivos a la cosecha en plantas bajo estructura protegida vs campo abierto, Jiniguare, Ojojona, Francisco Morazán.....	20
Cuadro 4	Cuadro valores medios tamaño y peso de la raíz en estructura protegida vs campo abierto, Jiniguare, Ojojona, Francisco Morazán.....	21
Cuadro 5	Parámetros de calidad y color en plantas a cosecha bajo estructura protegida vs campo abierto, Jiniguare, Ojojona, Francisco Morazán.....	21

## Índice de Figuras

Figura 1 Escala de color apio ( <i>Apium graveolens</i> L.) en la poscosecha.....	15
Figura 2 Monitoreo temperatura dentro de la estructura protegida tipo megatúnel, Jiniguare, Ojojona, Francisco Morazán.....	22
Figura 3 Monitoreo temperatura a campo abierto, Jiniguare, Ojojona, Francisco Morazán .....	23
Figura 4 Humedad relativa (HR%) dentro de la estructura protegida tipo megatúnel, Jiniguare, Ojojona, Francisco Morazán.....	23
Figura 5 Monitoreo humedad relativa (HR%) a campo abierto, Jiniguare, Ojojona, Francisco Morazán .....	24
Figura 6 Intensidad lumínica (Lux) dentro de la estructura protegida tipo megatúnel y a campo abierto, Jiniguare, Ojojona, Francisco Morazán.....	24

## Índice de Anexos

Anexo A Plántulas de apio en el vivero .....	30
Anexo B Plantas 7 días después de trasplante bajo estructura protegida.....	31
Anexo C Plantas 7 días después de trasplante campo abierto.....	32
Anexo D Toma de datos tamaño de planta y monitoreo de plagas y enfermedades .....	33
Anexo E Monitoreo de plagas utilizando trampas de cerveza .....	34
Anexo F Monitoreo de plagas utilizando trampas de color .....	35
Anexo G Vista aérea estructura protegida .....	36
Anexo H Monitoreo de plagas y enfermedades en campo abierto .....	37
Anexo I Plantas antes de la cosecha.....	38
Anexo J Cosecha de plantas de apio.....	39
Anexo K Toma de datos a cosecha .....	40
Anexo L Plaga Spodoptera sp atacando el cultivo.....	41
Anexo M Tamaño de raíz.....	42
Anexo N Apio estructura protegida (A) y campo abierto (B) .....	43
Anexo O Análisis de costo producción de apio bajo estructura protegida y a campo abierto en 1 ha de producción.....	44

## Resumen

El apio (*Apium graveolens* L.) es un cultivo hortícola de alto valor comercial. En Honduras es de suma importancia para consumo local y exportación. Puede ser producido en diferentes sistemas como ser a campo abierto, estructura protegida e hidroponía. El objetivo de este estudio fue comparar y evaluar la eficiencia de producción del cultivo de apio (*Apium graveolens* L.) a campo abierto y estructura protegida tipo megatúnel. El cultivo fue establecido a campo abierto y bajo estructura protegida, contando con 50 m lineales y 1,250 plantas en cada sistema de producción. Se evaluó la altura de planta a los 7, 21, 34, 49 días después del trasplante del cultivo, a la cosecha se evaluó el rendimiento, biomasa, número de tallos por planta, peso y tamaño de la raíz, calidad y color. También se realizaron monitoreos de temperatura, humedad relativa e intensidad lumínica. Se realizó un análisis estadístico mediante la prueba T de Student para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos. Los mejores resultados los presentó el sistema de producción bajo estructura protegida, encontrándose diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ) para las variables tamaño de planta, biomasa, rendimiento, número de tallos a cosecha, peso y tamaño de raíz. En ambos sistemas de producción no se observaron diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ) para las variables color y calidad de la planta. Las condiciones de temperatura y humedad relativa fueron parecidas, la intensidad lumínica presentó mínimas variaciones bajo estructura protegida. El estudio demostró que el sistema de producción del cultivo de apio bajo estructura protegida fue mejor que a campo abierto.

*Palabras clave:* altura, apio, campo abierto, estructura protegida.

### Abstract

Celery (*Apium graveolens* L.) is a horticultural crop of high commercial value. In Honduras it is of great importance for local consumption and export. It can be produced in different systems such as open field, protected structure and hydroponics. The objective of this study was to compare and evaluate the production efficiency of celery (*Apium graveolens* L.) cultivation in open field and protected structure type megatunnel. The crop was established in open field and under protected structure, with 50 linear m and 1,250 plants in each production system. Plant height was evaluated at 7, 21, 34 and 49 days after transplanting the crop, yield, biomass, number of stems per plant, root weight and size, quality and color were evaluated at harvest. Temperature, relative humidity and light intensity were also monitored. A statistical analysis was carried out using Student's t-test to determine if there were significant differences between treatments. The best results were obtained in the protected structure production system, with significant differences ( $p \geq 0.05$ ) for the variables plant size, biomass, yield, number of stems at harvest, weight and root size. In both production systems, no significant differences ( $p \geq 0.05$ ) were observed for the variables color and plant quality. Temperature and relative humidity conditions were similar; light intensity showed minimal variations under protected structure. The study showed that the production system for celery cultivation under protected structure was better than in open field.

*Keywords:* celery, height, open field, protected structure.

## Introducción

La agricultura se ha desarrollado en campo abierto desde sus inicios hasta la actualidad, las malas prácticas de manejo agrícola y monocultivos desencadenaron múltiples problemas para la producción en campo abierto. El principal problema que enfrentan los productores en campo abierto es la alta incidencia de plagas generalmente transmisores de virus (Pérez Marzo, 2018).

La agricultura protegida nace como respuesta a la alta demanda de alimentos, alto crecimiento poblacional y factor climático variable (Escuela Agrícola Panamericana 2006). La agricultura protegida se ha convertido en una necesidad debido a que los consumidores buscan productos hortícolas con excelente calidad y sin daños ocasionados por plagas, enfermedades u otros factores. En una estructura protegida tipo megatúnel se pueden alterar las condiciones climáticas para obtener un adecuado crecimiento vegetal, mayor productividad y mejorar la calidad de los productos cosechados (Santos et al. 2010).

El apio (*Apium graveolens* L.) es una planta anual que pertenece a la familia Apiaceae tiene origen en el mediterráneo, Caúcaso e Himalaya, en la antigüedad se utilizaba de forma medicinal, depurativo y diurético (Gamboa 2020). El apio es cultivado en todo el mundo con una mayor producción en Europa, regiones tropicales y regiones subtropicales de Asia y África (Robledo Buriticá et al. 2019).

La producción de apio en Centro América está destinada principalmente para cumplir con la demanda local de sus países y en mínima cantidad para realizar exportaciones. Los países centroamericanos que tienen mayor influencia en la exportación de apio son Honduras y Guatemala. La producción de apio realizada en Honduras satisface la demanda del mercado local y en menor escala las exportaciones principalmente a países como Estados Unidos, en el período comprendido entre 2016-2020 las exportaciones de hortalizas menores como el apio aumento un 7.5% dejando mayores ingresos al país (SAG [sin fecha]).

Esta investigación se realizó con un productor que se dedica a la producción de apio, el cual tiene como mercado meta el supermercado Walmart. Durante años ha producido apio y lo ha

realizado a campo abierto, sufriendo problemas de plagas y enfermedades por lo general en época de lluvia, esto es debido a que cuando se presentan las lluvias fuertes las plantas son expuestas a daños mecánicos, generalmente en tallos, hojas, flores y frutos; esto las hace más susceptibles a daños por plagas y enfermedades en los periodos de lluvia (Quiroga 2015).

Con la finalidad de mejorar la producción, la cadena de supermercados Walmart financió el proyecto con estructura protegida tipo megatúnel en la parcela, con el fin de producir de manera más eficiente el apio en cualquier época del año, obtener una mayor productividad, reducción de costos por el uso de agroquímicos y una cosecha de alta calidad. Este megatúnel fue construido con hierro galvanizado y está cubierto con malla anti-insectos que permite la protección del cultivo de las plagas. La baja incidencia de plagas dentro del megatúnel permite producir a un menor costo, sin incurrir en altos gastos de químicos para control de plagas (Alvarado 2022).

El objetivo del estudio fue evaluar y comparar la eficiencia de producción del cultivo de apio (*Apium graveolens* L.) en dos sistemas de producción; campo abierto y estructura protegida tipo megatúnel.

## **Materiales y Métodos**

### **Ubicación y Área**

La investigación se realizó en la aldea de Jinguare, Ojojona, Francisco Morazán, Honduras. Localizado a 75 km de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, a una altura de 1,089 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación anual de 1,548 mm y una temperatura media anual de 20.2 °C. El estudio se desarrolló en los meses de enero a marzo del 2023 en una estructura protegida tipo megatúnel con un área de 2000 m<sup>2</sup> y a campo abierto.

### **Variedad del Cultivo**

Para el experimento se utilizó el apio (*Apium graveolens* L.) Variedad David. Esta es una variedad de crecimiento indeterminado, color verde brillante, con entrenudos altos y bastante uniformes, es la variedad que mejor se adapta al mercado ya establecido.

### **Manejo Agronómico**

El manejo agronómico se realizó de acuerdo con criterios y experiencia en campo del productor. Se fertilizó con base en el análisis de suelo. El riego fue suministrado vía goteo. El manejo de las plagas y malezas fue basado en un monitoreo diario; para plagas se utilizaron trampas de color y trampas de cerveza. Según lo registrado por los monitoreos diarios se realizaron aplicaciones químicas y prácticas culturales.

### **Establecimiento del Estudio**

El estudio fue establecido en dos sistemas de producción, donde se contaba con 50 m lineales de apio en campo abierto y 50 m lineales bajo estructura protegida. El área de cultivo fue delimitada y diferenciada del resto de área en producción. Todos los procesos poscosecha fueron realizados en las instalaciones de esta zona productiva.

### **Variables Evaluadas**

Las variables que se evaluaron en esta investigación fueron las siguientes:

### **Altura de la Planta**

Se evaluó a los 7 días después de siembra y a los 21, 34, 49 días después del trasplante, para evaluar de forma progresiva el tamaño. El crecimiento se midió en centímetros utilizando una regla graduada. La cantidad de plantas que se utilizaron fueron 100 plantas en estructura protegida y 100 plantas en campo abierto que equivale a un 8% de la producción. Realizar las mediciones de altura es importante debido a que la altura está ligada o influye notablemente en el rendimiento del cultivo, en el caso del apio a mayor altura se ve incrementado el rendimiento (Sablowski 2021).

### **Biomasa**

Se evaluó al momento de la cosecha. Utilizando una balanza donde se tomó el peso de la totalidad de la planta (raíz, tallo y hojas). Para esta variable se tomaron 25 plantas por cada sistema de producción. La biomasa vegetal es el resultado de la actividad fotosintética de las plantas y este nos puede orientar a como fue desarrollada la actividad fotosintética a lo largo del cultivo (Martínez y Leyva 2014).

### **Calidad del Tallo y Hoja Comercializable**

Esta variable fue medida al momento de la cosecha utilizando una escala de calidad (Cuadro 1). La cantidad de plantas que se evaluaron fueron 25 plantas en estructura protegida y 25 en campo abierto. Medir la calidad de tallos y hojas es importante debido a que el mercado espera obtener el apio de la mejor calidad que puede ser caracterizado por la frescura, tallos sin curvaturas, color verde oscuro o claro, gran tamaño de tallo y sin daños físicos (Suslow y Cantwell [updated 2013]).

### **Cuadro 1**

*Escala de calificación de la calidad del apio (*Apium graveolens* L.) en la poscosecha*

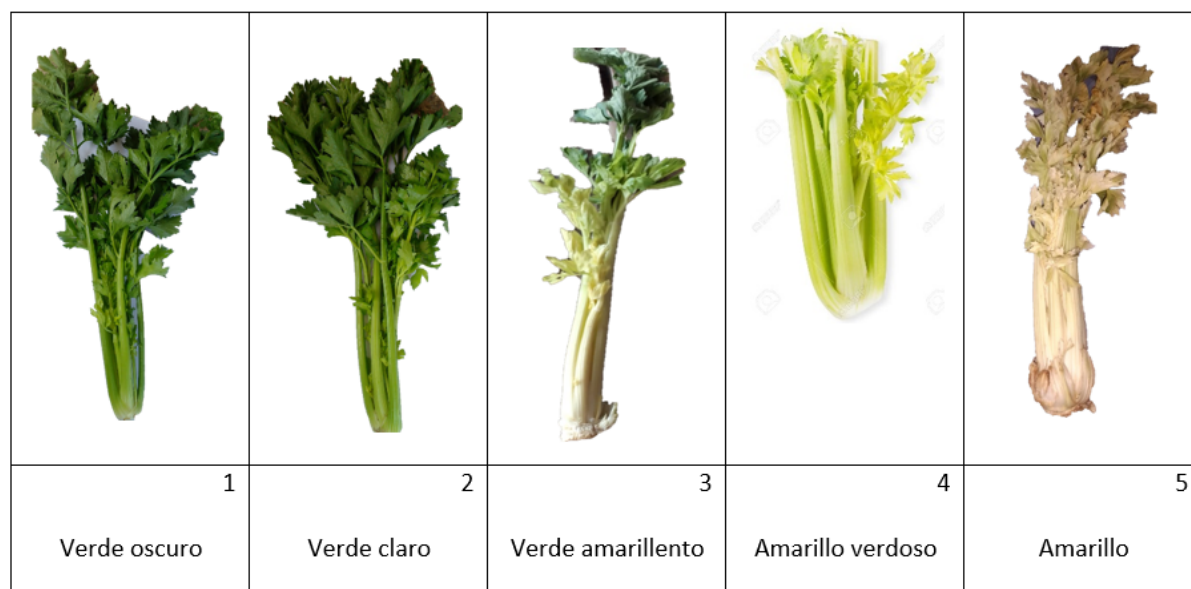
Calificación	Definición
1	Aspecto fresco, color verde oscuro brillante; sin decoloración o deterioro por plagas o enfermedades
2	Ligera pérdida del color verde oscuro, aspecto fresco; leve decoloración y sin deterioro por plagas o enfermedades.
3	Color verde claro, mayor decoloración; sin deterioro por plagas o enfermedades.
4	Color verde amarillento o amarillo verdoso, leve deterioro por plagas y enfermedades.
5	Color amarillo, daños notables por plagas o enfermedades.

### **Coloración de la Planta**

Fue evaluada con base a una escala de color (Figura 1) para clasificar las plantas evaluadas. La cantidad de plantas sometidas a evaluación fueron 25 plantas en estructura protegida y 25 en campo abierto equivalente al 2% en cada unidad de producción. La coloración de la planta de apio puede variar según la variedad, en la región centroamericana es mayormente producido las variedades en tonalidades que varían de verde claro a verde oscuro debido a la demanda de mercado que tiene preferencia a estas tonalidades (Integra 2021).

**Figura 1**

Escala de color apio (*Apium graveolens* L.) en la poscosecha



### **Productividad**

Fueron evaluadas 25 plantas equivalente al 2% en cada sistema de producción, se utilizó una balanza digital para pesar el tallo y hojas de las plantas al momento de cosecha, la medida del peso fue reportada en kilogramos. La productividad es definida como la relación que existe entre la producción de un sistema y los recursos que se utilizan para obtener la producción (Prokopenko 1989).

### ***Número de Tallos a Cosecha***

Se evaluó en 25 plantas para cada sistema de producción al momento de la cosecha, fue realizado mediante un conteo manual de los tallos. La cantidad de tallos por planta determina la productividad del cultivo.

### ***Temperatura***

Este dato fue reportado diariamente a través del sensor HOB0 Pro v2, el cual fue programado para realizar monitoreos de temperatura cada 6 horas en ambos sistemas de producción, reportado en grados Celsius. El monitoreo de la temperatura es importante debido a que esta influye en los procesos fisiológicos de la planta, pudiendo tener un impacto positivo o negativo en la productividad de la planta, limitando la tasa fotosintética y el desarrollo (Ojeda et al. 2011).

### ***Intensidad Lumínica***

La intensidad fue medida diariamente a través de un luxómetro digital Light Meter LX801, con una medición en horas de la mañana y otra reportada en horas de la tarde en ambos sistemas de producción, reportados en unidades Lux. Realizar el monitoreo de la intensidad lumínica es de importancia ya que influye en el crecimiento y óptimo desarrollo de la planta (Chen 2022).

### ***Humedad Relativa***

Este dato fue reportado diariamente a través del sensor HOB0 Pro v2, el cual fue programado para realizar monitoreos de humedad relativa (HR %) cada 6 horas en ambos sistemas de producción, reportado en porcentaje (%). La humedad relativa está estrechamente ligada con la fotosíntesis, es recomendable hacer un correcto monitoreo debido a que puede influenciar la pérdida de calidad de los cultivos y enfermedades (Parent 2022).

### ***Tamaño y Peso de la Raíz***

Esta variable se evaluó al momento de la cosecha para conocer la capacidad de anclaje de la raíz en el medio, fueron evaluadas 25 plantas en estructura protegida y 25 plantas en campo abierto,

el tamaño fue medido con una regla graduada reportado en centímetros y el peso se midió utilizando una balanza, datos reportados en kilogramos. Las raíces juegan un papel fundamental en las plantas debido a que estas son las encargadas del sostén de la planta, captación del agua y los minerales necesarios para la planta (Gallardo 2015). Entre mayor sea el tamaño de las raíces mayores serán los beneficios aportados a las plantas. En las hortalizas hay una relación directa entre la masa radicular y el crecimiento aéreo de la planta, se puede observar mayor crecimiento y engrosamiento de los tallos mejorando la translocación de nutrientes (Torres y Figueroa 2018).

### **Diseño Experimental**

El diseño experimental contó con dos tratamientos, donde el T1 correspondía a campo abierto y la T2 a estructura protegida. Cada tratamiento constaba de 50 metros lineales, con una distancia de 20 centímetros entre plantas, sembrado en 5 hileras en tresbolillos por metro cuadrado y una densidad de 1,250 plantas de apio en los 50 metros lineales.

### **Análisis Estadístico**

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa Statistical Analysis System SAS. Se analizaron a través de la prueba T student las medias de los datos de cada variable evaluada correspondiente a los dos sistemas de producción para evaluar si estos eran significativamente diferentes entre ellos.

## Resultados y Discusión

### Altura de la Planta

Se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) para la variable altura de la planta evaluada en diferentes intervalos de tiempo (Cuadro 2), se encontró mayor crecimiento en las plantas dentro de la estructura protegida. Según la (FAO [updated 2006]) para realizar el trasplante de la plántula de apio esta debe tener un tamaño aproximado de 15 cm de altura y alrededor de 3 ó 4 hojas verdaderas.

En el cuadro 2 se puede observar que a los 7 días después del trasplante (DDT) las plantas dentro de la estructura protegida presentaban una altura promedio de 9.64 cm y 8.63 para campo abierto, teniendo una mayor altura el apio trasplantado en estructura protegida, sin embargo, no cumple con la altura de trasplante óptima o recomendada para el cultivo de apio. La planta de apio se acerca al tamaño óptimo a los 21 días después del trasplante donde el tamaño en estructura protegida es más cercano a los 15 cm, muestra resultados significativos de crecimiento en comparación a campo abierto.

A los 49 días después del trasplante (DDT) y momento de la poscosecha presento una media de altura de planta de 61.70 cm, a diferencia de las plantas evaluadas en campo abierto con 53.36 cm. Los resultados anteriores son mayores a los encontrados en un estudio realizado en Bolivia utilizando abonos líquidos orgánicos donde la media de los tratamientos fue 46.74 cm a los 70 días de cosecha (Suxo 2019).

El apio producido en estos dos sistemas de producción presenta mejores desempeños en tamaño de planta, en un estudio realizado en Ecuador haciendo uso de biofortificación se encontraron tamaños de plantas menores a las del presente estudio con una media de 35.92 cm en el tratamiento con biofortificación y 29.67 cm en el tratamiento testigo sin adición de biofortificación contando con 60 días al momento de cosecha (Morales 2022).

Ambos estudios demostraron que se mejora la altura promedio de planta adicionando abonos orgánicos al medio en que se produce el apio. El tamaño de planta en un sistema de producción a campo abierto según un estudio realizado en Bolivia puede rondar en una media de 47.74 cm de altura

(Maicua 2021). Este tamaño en campo abierto es menor al encontrado en este estudio que puede ser influenciado por el factor ambiental o variedad.

## Cuadro 2

*Altura de la planta días después de trasplante (DDT), Jiniguare, Ojojona, Francisco Morazán, Honduras.*

Tratamiento	7 DDT (cm)	21 DDT (cm)	34 DDT (cm)	49 DDT (cm)
Estructura Protegida	9.64 <sup>a</sup>	13.71 <sup>a</sup>	29.21 <sup>a</sup>	61.70 <sup>a</sup>
Campo Abierto	8.63 <sup>b</sup>	11.28 <sup>b</sup>	24.93 <sup>b</sup>	53.36 <sup>b</sup>
EE±	0.31	0.18	0.35	0.88
P	0.0005	<0.0001	<0.0001	<0.0001

*Nota.* EE±= Error Estándar, P= Probabilidad, <sup>a</sup><sup>b</sup> = indica diferencias significativas entre tratamientos (P≤0.05).

## Parámetros Productivos

En el cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos de los parámetros productivos de las plantas evaluadas para ambos sistemas de producción, biomasa, rendimiento y número de tallos a cosecha. Se encontraron diferencias significativas (P≤0.05) en cada parámetro evaluado obteniendo mejores resultados en estructura protegida.

La variable biomasa evaluada en el estudio muestra un incremento en estructura protegida. La biomasa del cultivo está determinada por diferentes factores que interaccionan entre sí para obtener excelentes resultados, cuando la planta encuentra las condiciones deseadas aumenta la biomasa (Martínez et al. 2014).

El rendimiento de la planta fue mayor en estructura protegida en comparación con campo abierto. El rendimiento experimenta un incremento cuando se tienen bajo estructuras protegidas y se adiciona lixiviado de humus obteniendo una media de 0.625 kg por planta (Mendoza 2019). Este resultado no es tan alejado a lo obtenido en esta investigación con 0.4504 kg de rendimiento por planta.

En cuanto a la cantidad de tallos por plantas hay un mayor número de tallos en las plantas provenientes de la estructura protegida con un promedio de 11.24 tallos por planta a diferencia de la

cantidad de tallos cuantificados en campo abierto con una media de 8.8 tallos por planta. La cantidad de tallos se asemeja a un estudio realizado en la Paz, Bolivia haciendo uso de abonos orgánicos en una estructura protegida donde los resultados fueron de 12.075 tallos por planta (Suxo 2019).

La cantidad de tallos a cosecha varía según el sistema de producción que se utilice, en un estudio realizado en la Paz, Bolivia con sistemas hidropónicos se obtuvieron medias de 11.29 tallos por planta (Choque 2021). Por otro lado, para las condiciones de Perú evaluaron la cantidad de tallos por planta en un sistema de producción convencional o a campo abierto y obtuvo una media de 15.72 tallos por planta (Maicua 2021). Este último estudio en un sistema de producción a campo abierto obtuvo mejores resultados que los obtenidos en este estudio.

### Cuadro 3

*Parámetros productivos a la cosecha en plantas bajo estructura protegida vs campo abierto,*

*Jiniguare, Ojojona, Francisco Morazán*

Tratamiento	Biomasa (kg)	Rendimiento (Kg)	Número de Tallos
Estructura Protegida	0.4924 <sup>a</sup>	0.4504 <sup>a</sup>	11.24 <sup>a</sup>
Campo Abierto	0.3820 <sup>b</sup>	0.3490 <sup>b</sup>	8.8 <sup>b</sup>
EE±	0.021	0.019	0.306
P	0.0019	0.0014	<0.0001

*Nota.* EE±= Error Estándar, P= Probabilidad, <sup>a</sup> <sup>b</sup> = indica diferencias significativas entre tratamientos (P≤0.05).

### Tamaño y Peso de Raíz

Los resultados obtenidos para peso y tamaño de raíz (cuadro 4) muestran que existen diferencias significativas (P≤0.05) obteniéndose así un mejor tamaño y peso de raíz en el sistema de producción bajo estructura protegida. En un estudio donde se implementaron abonos orgánicos para aumentar la productividad del apio, se encontraron medias de tamaño de raíz de 44.71 cm a los 90 días a cosecha (Torres 2012).

El peso de la raíz fue mayor en las plantas de apio bajo estructura protegida presentado una media de 0.03 kilogramos de peso. El peso de raíz fue evaluado para las condiciones de Venezuela obteniendo medias que rodaban de 0.052 kg a 0.1230 kg evaluados a los 12 meses a cosecha (García y Pacheco 2008).

**Cuadro 4**

*Cuadro valores medios tamaño y peso de la raíz en estructura protegida vs campo abierto, Jiniguare, Ojojona, Francisco Morazán*

Tratamiento	Peso (kg)	Tamaño (cm)
Estructura Protegida	0.03 <sup>a</sup>	19.60 <sup>a</sup>
Campo Abierto	0.02 <sup>b</sup>	14.43 <sup>b</sup>
EE±	0.0026	0.79
P	0.0187	<0.0001

*Nota.* EE±= Error Estándar, P= Probabilidad, <sup>a</sup><sup>b</sup>= indica diferencias significativas entre tratamientos (P≤0.05).

**Color y Calidad de la Planta**

El cuadro 5 muestra los resultados obtenidos para los parámetros de color y calidad de las plantas evaluadas que no presentaron diferencias significativas (P≤0.05) para ambos tratamientos. En un estudio realizado en 2 tipos de sustratos siendo estos suelo y perlita no se obtuvieron diferencias significativas entre ambos tratamientos y todas las plantas evaluadas tenían calidad visual y comercial aceptable (Frezza et al. 2007).

Por otro lado, otros estudios nos dicen que una planta de apio considerada con buena calidad es cuando son plantas grandes y bien desarrolladas que no presentan daños de plagas o enfermedades (Choque 2021). El color presentado en este estudio para ambos tratamientos fue entre verde claro a verde oscuro. El color de las plantas de apio es una variable de importancia por esto realizaron un estudio donde evaluaron el color con una tabla Munsell, donde determinaron que el color predominante es el verde intenso (Morales 2022). El color verde oscuro o claro indica que es un apio de buena calidad y fresco.

**Cuadro 5**

*Parámetros de calidad y color en plantas a cosecha bajo estructura protegida vs campo abierto, Jiniguare, Ojojona, Francisco Morazán*

Tratamiento	Color	Calidad
Estructura Protegida	1.40 <sup>a</sup>	1.32 <sup>a</sup>
Campo Abierto	1.52 <sup>a</sup>	1.48 <sup>a</sup>
EE±	0.101	0.240
P	0.405	0.662

### Monitoreo Temperatura (°C)

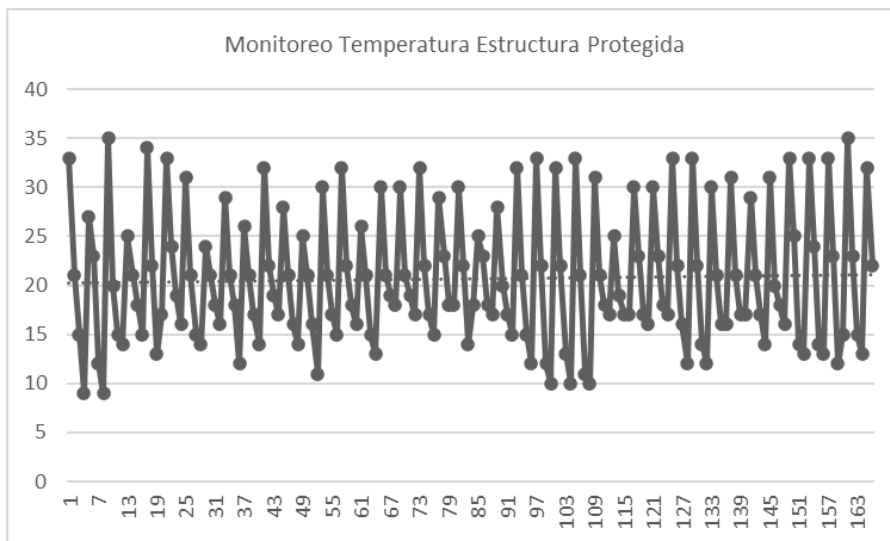
La temperatura en la que se desarrolló el cultivo de apio fue similar en ambos sistemas de producción (Figura 2 y 3), teniendo mínimas variaciones entre las temperaturas presentadas en campo abierto y la presentada en estructura protegida.

La media de la temperatura encontrada en el estudio en todo el tiempo de desarrollo del cultivo fue de 20.84 °C en estructura protegida y 20.03 °C en campo abierto. Las temperaturas registradas estuvieron dentro del rango de 15 a 21°C que es la temperatura óptima para un correcto desarrollo del cultivo de apio (Morales 2022).

### Figura 2

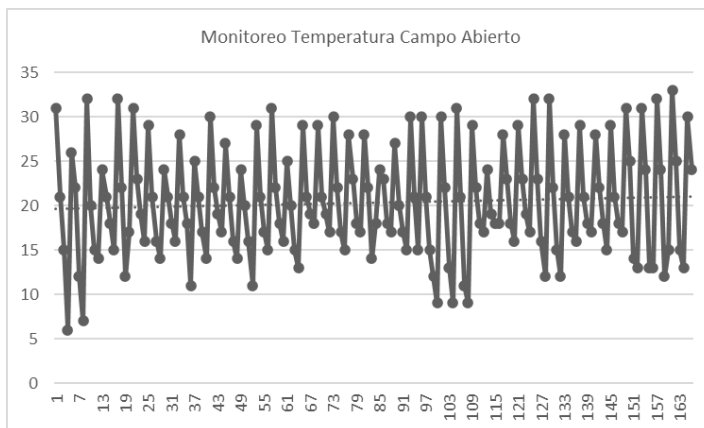
*Monitoreo temperatura dentro de la estructura protegida tipo megatúnel, Jiniguare, Ojojona,*

*Francisco Morazán*



**Figura 3**

*Monitoreo temperatura a campo abierto, Jiniguare, Ojojona, Francisco Morazán*

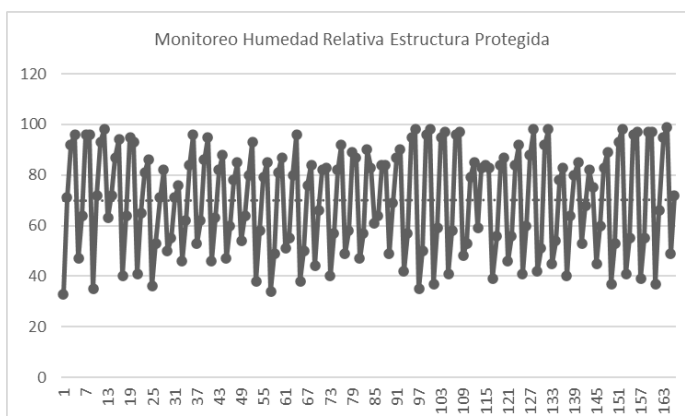


**Monitoreo Humedad Relativa (HR%)**

La humedad relativa (HR%) en la que se desarrolló el cultivo fue similar en los dos sistemas de producción (Figura 4 y 5), la humedad relativa (HR%) rondaba entre 30 a 100 % en los sistemas. Se obtuvo una media de 71. 65 % en la producción bajo estructura protegida y 73.69 % en la producción a campo abierto, En un estudio donde evaluaron la humedad relativa (HR%) en diferentes rangos para conocer la humedad relativa en la que mejor se desempeña el cultivo de apio indica que la humedad relativa (HR%) debe rondar entre 30 a 70%, una humedad menor al 30% causa deshidratación en el cultivo, principalmente en los tallos y en una humedad mayor al 70% hay una mayor proliferación de enfermedades en el cultivo (Choque 2021).

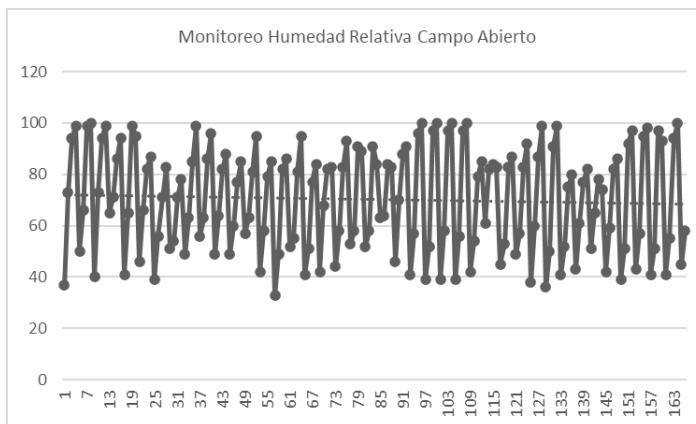
**Figura 4**

Humedad relativa (HR%) dentro de la estructura protegida tipo megatúnel, Jiniguare, Ojojona, Francisco Morazán



**Figura 5**

Monitoreo humedad relativa (HR%) a campo abierto, Jiniguare, Ojojona, Francisco Morazán



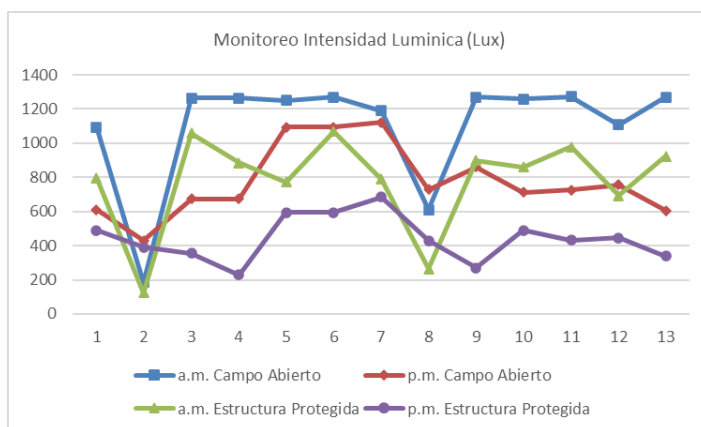
**Monitoreo Intensidad lumínica**

La intensidad lumínica (Figura 6) a la que se desarrolló el cultivo se vio influenciada por la nubosidad y otros factores ambientales, en el caso de campo abierto se encuentra una mayor intensidad lumínica en comparación con los datos registrados bajo la estructura protegida.

La luminosidad es un factor importante para los procesos de la fotosíntesis de la planta, también actividades fisiológicas y metabólicas de la planta (Cusi 2020). El cultivo de apio necesita una alta luminosidad para un óptimo crecimiento, en los días largo o de mayor intensidad lumínica favorecen el crecimiento de la hoja (Mendoza 2019).

**Figura 6**

Intensidad lumínica (Lux) dentro de la estructura protegida tipo megatúnel y a campo abierto, Jiniguare, Ojojona, Francisco Morazán



En estructura protegida a diferencia de las plantas evaluadas en campo abierto, se encontró mayor altura en los diferentes días después de trasplante, también un incremento en el rendimiento, biomasa y número de tallos a cosecha.

En cuanto a la calidad del apio no hay diferencias en ninguno de los dos sistemas de producción, todas las plantas presentaron buen color a cosecha y daños mínimos por plagas o enfermedades.

La temperatura y humedad relativa (HR%) presentada no tiene grandes variaciones en ambos sistemas productivos, desarrollándose en condiciones similares. La intensidad lumínica si presenta variaciones entre los sistemas de producción debido al pase directo del sol en campo abierto.

De acuerdo con el estudio el sistema de producción bajo estructura protegida obtuvo los mejores resultados en cuanto a los parámetros evaluados.

### **Recomendaciones**

Realizar una nueva investigación bajo estos mismos parámetros productivos y de calidad en la época de invierno para conocer si se mantienen los mismos resultados.

Evaluar la incidencia de plagas y enfermedades en el ciclo del cultivo en la época de verano e invierno para conocer el comportamiento y daños ocasionados en el cultivo.

## Referencias

- Alvarado H. 2022. Producción de hortalizas en megatuneles. Honduras: Grupo Cadelga; [consultado el 28 de ene. de 2023]. <https://grupocadelga.com/vive-tu-tierra/produccion-de-hortalizas-en-megatuneles>.
- Chen J. 2022. La influencia de la luz en el crecimiento del cultivo. Estados Unidos: [sin editorial]; [consultado el 30 de may. de 2023]. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-influencia-de-la-luz-en-el-crecimiento-del-cultivo/>.
- Choque D. 2021. Evaluación de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) en tres densidades de trasplante en sistema hidropónico (NFT), en el centro experimental de Cota Cota- La Paz. [Tesis de pregrado]. La Paz- Bolivia: Universidad Mayor de San Andres. 116 p; [consultado el 19 de may. de 2023]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/25766/T-2855.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Cusi A. 2020. Efecto de tres niveles de biol en el comportamiento productivo de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.), bajo ambiente protegido, en el centro experimental de Cota Cota [Tesis de pregrado]. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andres; [consultado el 1 de jun. de 2023]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/24906/T-2774.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Escuela Agrícola Panamericana Z. 2006. Manual de agricultura protegida, Los 5 pilares. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Z; [consultado el 28 de ene. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c0413d8b-575b-4386-a134-6ea6c224489d/content>.
- [FAO] Organización de las Naciones para la Agricultura y la Alimentación. [actualizado 2006]. El Apio. [sin lugar]: Organización de las Naciones para la Agricultura y la Alimentación; [consultado el 17 de may. de 2023]. [http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/API](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/API).
- Frezza D, León A, Chiesa Á. 2007. Calidad de apio (*Apium graveolens* Var Dulce) mínimamente procesado según sistema de producción y temperatura de almacenamiento [Tesis de Pregrado]. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires, Argentina. 7 p; [consultado el 22 de may. de 2023]. <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/12050/caa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Gallardo S. 2015. Raíces, cuanto más largas mejor. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires; [actualizado 2015; consultado el 30 de may. de 2023]. <https://nexciencia.exactas.uba.ar/raices-cuanto-mas-largas-mejor-fisiologia-vegetal-biologia-molecular-plantas-jose-estevez-melina-velazquez>.
- Gamboa S. 2020. Cultivo y manejo del apio [Investigación]. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de la Plata; [consultado el 28 de ene. de 2023]. <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/>.
- García A, Pacheco E. 2008. Caracterización postcosecha del apio criollo cultivado en el municipio Tovar, estado Mérida- Venezuela. *Agronomía Tropical* [Tesis de pregrado]; [consultado el 22 de may. de 2023]. 58(4). [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2008000400010&script=sci\\_arttext](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2008000400010&script=sci_arttext).

- Integra. 2021. Apio-características. Unión Europea: Fundación Integra; [consultado el 29 de may. de 2023]. [https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2714&r=ReP-20156-DETALLE\\_REPORTAJESPADRE](https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2714&r=ReP-20156-DETALLE_REPORTAJESPADRE).
- Maicua L. 2021. Comparativo de producción del apio (*Apium graveolens*) cultivado en un sistema convencional y en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha [Tesis de pregrado]. Yarinacocha, Perú: Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía; [consultado el 1 de jun. de 2023]. <https://api-repositorio.unia.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9ed982cb-9e30-4197-b00f-21807fed638c/content>.
- Martínez A, Leyva A. 2014. La biomasa de los cultivos en el oecosistema. Sus beneficios agroecológicos. Cultivos Tropicales [Tesis de pregrado]; [consultado el 29 de may. de 2023]. 35(1). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362014000100002&script=sci\\_arttext&tIng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362014000100002&script=sci_arttext&tIng=en).
- Martínez S, Carbone A, Garbi M. 2014. Producción hortícola periurbana aspectos técnicos y laborales [Tesis de Pregrado]. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de la Plata. 186 p; [consultado el 18 de may. de 2023]. <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/book/1701>.
- Mendoza G. 2019. Evaluación del efecto de tres dosis de lixiviado de humus de lombriz en el comportamiento productivo de apio (*Apium graveolens* L.), bajo ambiente protegido en la zona de Callapa- La Paz [Tesis de pregrado]. La Paz- Bolivia: Universidad Mayor de San Andres. 190 p; [consultado el 18 de may. de 2023]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/20693/T-2661.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Morales C. 2022. Biofortificación del cultivo de apio (*Apium graveolens*) mediante la utilización de yodo agrícola [Tesis de pregrado]. Cevallos-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. 42 p; [consultado el 18 de may. de 2023]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/36984/1/Tesis-338%20%20Ingenier%20%20Agron%20%20%20Morales%20Garc%20Christian%20Eliseo.pdf>.
- Ojeda W, Sifuentes E, Íñiguez M, Montero M. 2011. Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. Agrociencia; [consultado el 30 de may. de 2023]. 45(1). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952011000100001](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952011000100001).
- Parent S. 2022. ¿Cómo influye la humedad en la calidad de los cultivos? Estados Unidos: [sin editorial]; [consultado el 30 de may. de 2023]. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/como-influye-la-humedad-en-la-calidad-de-los-cultivos/>.
- Pérez LE. Marzo, 2018. Informe técnico 2017: Programa de hortalizas. La Lima, Cortés, Honduras: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola; [consultado el 28 de ene. de 2023]. [http://www.fhia.org.hn/descargas/informes\\_tecnicos/inf\\_Programa\\_de\\_Hortalizas-2017.pdf](http://www.fhia.org.hn/descargas/informes_tecnicos/inf_Programa_de_Hortalizas-2017.pdf).
- Prokopenko J. 1989. La gestión de la productividad, manual práctico. Ginebra, Suiza: [sin editorial]. 1 vol. ISBN: 92-2-105901-4; [consultado el 30 de may. de 2023].
- Quiroga IA. 2015. Impactos del cambio climático en la incidencia de plagas y enfermedades de los cultivos [Investigación]. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, CropLife; [consultado el 28 de ene. de 2023]. <https://www.croplifela.org/es/actualidad/articulos/impactos-del-cambio-climatico-en-la-incidencia-de-plagas-y-enfermedades-de-los-cultivos>.
- Robledo Buriticá J, Aguirre Alfonso C, Castaño Zapato J. 2019. Guía ilustrada de enfermedades en postcosecha de frutas y verduras y sus agentes causantes en Colombia.: Apio (*Apium graveolens*).

- Bogotá, Colombia: Gente Nueva. 38 vol. ISBN: 978-958-9205-98-3; [consultado el 28 de ene. de 2023].
- Sablowski R. 2021. La altura y forma de las plantas, ¿Son genéticas? Unión Europea: Comisión Europea; [consultado el 29 de may. de 2023]. <https://cordis.europa.eu/article/id/435325-are-plant-height-and-shape-genetic/es>.
- [SAG] Secretaría de Agricultura y Ganadería. [sin fecha]. Hortalizas: Análisis de Coyuntura. Tegucigalpa, Honduras: Secretaría de Agricultura y Ganadería; [consultado el 29 de may. de 2023]. <https://www.uepeg.sag.gob.hn/wp-content/uploads/2021/07/AC-HORTALIZAS-V20.2.pdf>.
- Santos B, Obregón Olivas H, Salamé Donoso T. 2010. Producción de hortalizas en ambientes protegidos: estructura para la agricultura protegida [Tesis Pregrado]. Gainesville, Florida, Estados Unidos: University of Florida; [consultado el 28 de ene. de 2023]. [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=producci%C3%B3n+de+hortalizas+en+ambiente+protegido&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=producci%C3%B3n+de+hortalizas+en+ambiente+protegido&btnG=).
- Suslow T, Cantwell M. [actualizado 2013]. Calidad Postcosecha en Apio [Investigación]. California: University of California, Davis; [consultado el 29 de may. de 2023]. <https://www.tecnicoagricola.es/calidad-postcosecha-en-apio/>.
- Suxo D. 2019. Efecto de tres dosis de abono orgánico líquido aeróbico (AOLA) sobre dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) en el invernadero del centro experimental de Cota Cota [Tesis de pregrado]. La Paz- Bolivia: Universidad Mayor de San Andres. 117 p; [consultado el 18 de may. de 2023]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/23198/T-2693.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Torres C. 2012. Efecto de tres abonaduras orgánicas en el cultivo de apio (*Apium graveolens*) en la zona de la Libertad Cantón Espejo, Provincia de Carchi [Tesis de Pregrado]. [sin lugar]: Universidad Técnica de Babahoyo. 62 p; [consultado el 19 de may. de 2023]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/459/T-UTB-FACIAG-AGR-000074.pdf?sequence=6&isAllowed=y>.
- Torres L, Figueroa E. 2018. Desarrollo radicular. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia; [actualizado 2018; consultado el 31 de may. de 2023]. <https://www.mediterraneadeagroquimicos.cat/1817/>.

**Anexos**

**Anexo A**

*Plántulas de apio en el vivero*



**Anexo B**

*Plantas 7 días después de trasplante bajo estructura protegida*



**Anexo C**

*Plantas 7 días después de trasplante campo abierto*



**Anexo D**

*Toma de datos tamaño de planta y monitoreo de plagas y enfermedades*



**Anexo E**

*Monitoreo de plagas utilizando trampas de cerveza*



**Anexo F**

*Monitoreo de plagas utilizando trampas de color*



**Anexo G**

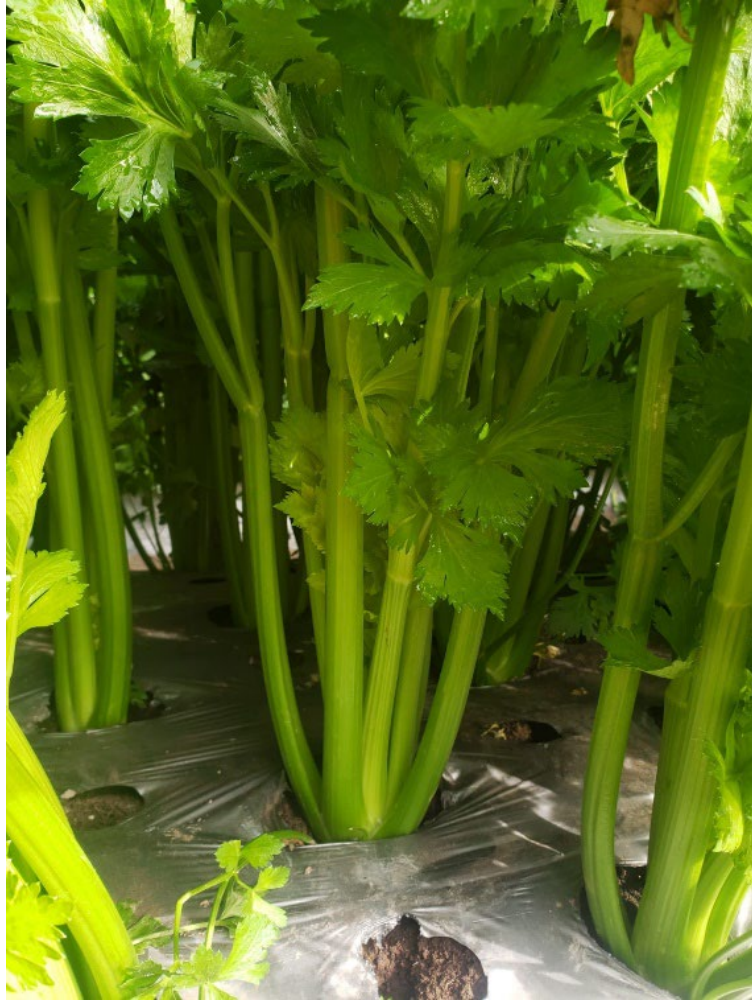
*Vista aérea estructura protegida*



**Anexo H***Monitoreo de plagas y enfermedades en campo abierto*

**Anexo I**

*Plantas antes de la cosecha*



**Anexo J**

*Cosecha de plantas de apio*



**Anexo K**

*Toma de datos a cosecha*



**Anexo L**

*Plaga Spodoptera sp atacando el cultivo*



**Anexo M**

*Tamaño de raíz*



**Anexo N**

*Apio estructura protegida (A) y campo abierto (B)*



### Anexo O

*Análisis de costo producción de apio bajo estructura protegida y a campo abierto en 1 ha de producción*

Descripción	Cantidad	\$ Costo Apio en Estructura Protegida	\$ Costo de Apio en Campo Abierto
Análisis de suelo	1	109.08	109.08
Fertilizantes + enmiendas	10,000 m <sup>2</sup>	3,200	3,200
Materia orgánica	500	1,010	1,010
Mulch plástico	10,000 m <sup>2</sup>	5,340	5,340
Fungicidas	10,000 m <sup>2</sup>	2,570	2,570
Insecticidas	10,000 m <sup>2</sup>	1,980	1,980
Plántulas	35,000	1,750	1,750
Cinta riego por goteo	10,000 m <sup>2</sup>	900	900
Mano de obra	3	601.10	601.10
Estructura protegida	1	5,000	-
Costo total	-	22,460.18	17,460.18
Rendimiento		15,750 kg	12,215 kg
Precio por kg		1.63	1.63
Ingreso en base a rendimiento		25,672.5	19,910.45