

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO DE LOS SANTOS**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE**

**EVALUACIÓN DE SISTEMA SOSTENIBLE DE PRODUCCIÓN DE SANDÍA
(*Citrullus lanatus*), EN AMBIENTE PROTEGIDO**

FÉLIX ANTONIO MENDIETA FRÍAS

CIP: 7-706-1732

Tesis presentada como uno de los requisitos para obtener el grado de magister en ciencias agrícolas con énfasis en producción agrícola sostenible.

PANAMÁ, REPUBLICA DE PANAMÁ

2023

**EVALUACIÓN DE SISTEMA SOSTENIBLE DE PRODUCCIÓN DE SANDÍA
(*Citrullus lanatus*), EN AMBIENTE PROTEGIDO.**

**TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL
GRADO DE MAGISTER EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE.**

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

APROBADO

_____ ASESOR

PhD. Anovel Barba

_____ JURADO

MSc. Luis Alberto Barahona Amores

_____ JURADO

PhD. José Villarreal

2023

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por ser el inspirador y por darnos fuerza para continuar en este proceso para obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años; gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un orgullo y privilegio ser su hijo, son los mejores padres.

A mi pareja y compañera de vida, por estar siempre presente, acompañándome y por el apoyo moral y motivacional que me ha brindado a lo largo de este proceso.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se haya realizado con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Félix Mendieta

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

Mi profundo agradecimiento a la Junta Directiva de la Cooperativa El Progreso, por confiar en mí y abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de sus instalaciones.

De igual manera expreso mi agradecimiento a la Universidad de Panamá, a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, a los docentes que formaron parte de mi formación y educación, gracias por las enseñanzas recibidas, en especial a quienes con sus valiosos conocimientos hicieron que pudiera crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a mis asesores PhD. Anovel Barba como asesor principal, MSc. Luis Alberto Barahona Amores y al PhD. José Villarreal que con sus conocimiento, enseñanza y colaboración permitieron el desarrollo de este trabajo de tesis.

Para culminar, quiero agradecer a el Ing. Emilio Vásquez y también al Ing. Carlos Navarro; por su participación en los trabajos de campo.

Félix Mendieta

ÍNDICE GENERAL

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	vii
RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
Objetivos generales y específicos.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
I. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
1. Agricultura protegida.....	5
1.1 Ventajas y limitantes al producir en ambiente protegido.....	9
2. Origen del cultivo de sandía.....	10
3. Taxonomía.....	10
3.1 Clasificación taxonómica.....	10
3.2 Exigencias climáticas.....	11
4. Producción de sandía a nivel mundial.....	11
5. Técnicas de cultivo utilizadas.....	12
5.1 Acolchado plástico.....	12
5.2 Incorporación de micorrizas arbusculares.....	13
5.3 Tutorado.....	13
5.4 Poda.....	14
5.5 Polinización.....	15
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
1. Localización geográfica del estudio.....	17
3. El diseño experimental.....	19
4. Unidad experimental.....	20

5.	Diseño de la casa de cultivo	20
6.	Material genético	21
7.	Manejo agronómico	22
8.	Datos climáticos	24
9.	Análisis estadístico	24
10.	Variables de estudio del cultivo	24
1.	Características del clima	26
2.	Análisis de supuestos	30
3.	Resultados del análisis de varianzas	32
	3.1.1 Efecto cobertura	35
	3.1.2 Efecto tutorado	36
	3.1.3 Interacción cobertura x tutorado	37
	3.1.4 Efecto biofertilizante	38
	3.1.5 Interacción cobertura x biofertilizante	40
	3.1.6 Interacción tutorado x biofertilizante	41
	3.1.7 Interacción cobertura x tutorado x biofertilizante	42
4.	Análisis estadístico no paramétrico	43
	4.1 Frutos rayados (frutoray/m)	43
	4.2 Frutos deformes (frutoDef/m)	44
5.	Análisis de componentes principales	44
6.	Análisis económico de presupuesto parcial	45
7.	Curva de beneficios netos sandía	47
	IV CONCLUSIONES	49
	V RECOMENDACIONES	50
	VI BIBLIGRAFÍAS	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Áreas ocupadas en el mundo en cuanto a agricultura protegida para el año 2018.....	6
Cuadro 2 : Ventajas y limitaciones al producir en ambiente protegido	9
cuadro 3: Fertilidad de los suelos en las localidades del estudio de absorción. (fuente: laboratorio de suelos, IDIAP 2015)	18
Cuadro 4: Características físico-químicas de los suelos en las localidades del estudio de absorción. (fuente: laboratorio de suelos, IDIAP 2015)	18
Cuadro 5: Tratamientos, tutorado, acolchado, microorganismo.	20
Cuadro 6: Características generales del cultivar mickylee.....	22
Cuadro 7: Análisis de Supuestos.....	31
Cuadro 8: Cuadrados medios del análisis de varianzas de las distintas variables del cultivo.....	34
Cuadro 9: Medias del rendimiento y otras características agronómicas evaluadas en el factor cobertura.....	35
Cuadro 10: Medias del rendimiento y otras características agronómicas evaluadas en el factor tutorado.....	36
Cuadro 11: Medias del rendimiento y otras características agronómicas evaluadas la interacción cobertura x tutorado.....	37
Cuadro 12: Medias del rendimiento y otras características agronómicas evaluadas en el factor biofertilizante.....	39
Cuadro 13: Medias del rendimiento y otras características agronómicas evaluadas en la interacción cobertura x biofertilizante.....	40
Cuadro 14: Medias del rendimiento y otras características agronómicas evaluadas en la interacción tutorado x biofertilizante.....	41

Cuadro 15: Medias del rendimiento y otras características agronómicas evaluadas en la interacción cobertura x tutorado x biofertilizante.....	42
Cuadro16: Frutos rayados- prueba de kruskal-wallis, para muestras independientes (alfa:0.05)	43
Cuadro 17: Frutos deformes- prueba de kruskal-wallis, para muestras independientes (alfa:0.05)	44
Cuadro 18: Análisis económico parcial de los tratamientos evaluados, según la metodología propuesta por (CIMMYT, 1988), en base a 500 m ²	46

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Figura 1. Ubicación de la casa de vegetación en la Cooperativa el Progreso RL.....	17
Figura 2. Vista panorámica de la casa de cultivo, localizada en cooperativa el Progreso Agua.....	21
Figura 3. Rangos de Temperatura monitoreados dentro del invernadero durante el tiempo de cultivo.....	27
Figura 4. Humedad relativa del ambiente dentro del invernadero donde se encontraba la unidad experimental.....	28
Figura 5. Radiación Solar captada dentro del invernadero.	30
Figura 6. Análisis de componentes principales.....	45
Figura 7. Curva de beneficios netos.....	48

RESUMEN

Esta investigación se desarrolló para contribuir con la competitividad de los sistemas hortícolas de agricultura familiar a través de innovaciones tecnológicas sostenibles de producción bajo condiciones protegidas resilientes. El objetivo fue validar diferentes sistemas de cultivo para la producción sostenible de sandía en casa de cultivo de la Cooperativa El Progreso en Agua Buena en Los Santos. La variedad sembrada fue Mickylee. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones en arreglo de fajas, de los cuales, se evaluaron tres factores en un arreglo factorial $2 \times 2 \times 2$, donde el factor A fue uso de acolchado (con y sin acolchado) como parcela principal, el factor B uso de tutorado (con y sin tutor) y el factor C uso de micorriza (con y sin micorriza). La unidad experimental, con un área efectiva de 7.2 metros cuadrados, en el cual costo con 12 plantas separadas a 0.6 m entre ellas. La parcela efectiva fueron las 8 plantas centrales, dejando dos plantas a cada lado como efecto borde, la distancia entre los bloques fue de 1 m. Se realizó un análisis de varianza para determinar si existe diferencia entre los tratamientos evaluados. Se realizó una prueba de separación de medias mediante Duncan (alfa 0.05) previa comprobación de supuestos de normalidad, homogeneidad de Varianzas. Mediante la prueba de Shapiro Wilks, Levene (Miranda, 2011). El manejo agronómico, se realizó según la tecnología generada por el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). En la parcela, se realizaron análisis físicos y químicos, para caracterizar el suelo utilizado. En el sistema con cobertura el suelo presentó rendimientos de 3 kg/m², mientras que el acolchado plástico fue de 2.5 kg/m². El sistema de cultivo suelo contó con una mayor expresión en todas las variables estudiadas. El sistema cobertura rastrero presentó una producción de 2.3 kg/m², mientras que, el tratamiento con malla tutora produjo 3.2 kg/m², dando una diferencia de 0.9 kg/m² para el sistema de malla. La interacción cobertura x tutorado x biofertilizante, mostró diferencia altamente significativa en la variable diámetro y presento diferencia significativa las variables fruto por planta, kilogramo por metro cuadrado, brix, dureza. Además, el análisis de presupuesto parcial, nos indica cómo los beneficios netos cambian en función del cambio de una tecnología a otra demostrándonos que el sistema adecuado en esta investigación es el acolchado+ rastrero+ micorrizas debido a que se obtienen altos beneficios económicos en comparación con el que mayor rendimiento se obtuvo como el sistema suelo + tutorado+ sin micorrizas, ya que, este presentó mayor costo.

- Palabras clave: Sistemas de cultivos, producción sostenible, casa de cultivo.

SUMMARY

This research was developed to contribute to the competitiveness of family farming horticultural systems through sustainable technological innovations for production under resilient protected conditions. The objective was to validate different cultivation systems for the sustainable production of watermelon in the cultivation house of the El Progreso Cooperative in Agua Buena in Los Santos. The variety planted was Mickylee. A randomized complete block experimental design was used, with 4 repetitions in a strip arrangement. Of which, 3 factors were evaluated in a 2 x 2 x 2 factorial arrangement, where factor A was the use of padding (with and without padding) as the main plot, factor B was the use of stakes (with and without stake) and factor C use of mycorrhiza (with and without mycorrhiza). The experimental unit, with an effective area of 7.2 square meters, in which cost with 12 plants separated at 0.6 m between them. The effective plot was the 8 central plants, leaving two plants on each side as a border effect, the distance between the blocks was 1 m. An analysis of variance was carried out to determine if there is a difference between the evaluated treatments. A mean separation test was performed using Duncan (alpha 0.05). Previous verification of assumptions of normality, homogeneity of Variances. Through the Shapiro Wilks test, Levene (Miranda, 2011). The agronomic management was carried out according to the technology generated by the Institute of Agricultural Innovation of Panama (IDIAP).

In the plot, physical and chemical analyzes were carried out to characterize the soil used. In the system with cover, the soil presented yields of 3 kg/m², while the plastic mulch was 2.5 kg/m². The soil cultivation system had a higher expression in all the variables studied. The creeping cover system presented a production of 2.3 kg/m², while the treatment with tutor mesh produced 3.2 kg/m², giving a difference of 0.9 kg/m² for the mesh system. The interaction cover x tutored x biofertilizer, showed a highly significant difference in the diameter variable and presented a significant difference in the variables fruit per plant, kilogram per square meter, brix, hardness. In addition, the partial budget analysis indicates how the net benefits change depending on the change from one technology to another, demonstrating that the appropriate system in this research is mulch+creeping+mycorrhizae because high economic benefits are obtained compared to the one that The highest yield was obtained as the soil + tutored + system without mycorrhizae, since this presented a higher cost.

- Keywords: Crop systems, sustainable production, farm house.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los cultivos hortícolas han experimentado una tendencia cada vez más marcada hacia la obtención de alimentos de una producción anticipada, en condiciones diferentes a aquellas en las que tradicionalmente se cultivan a campo abierto. Esta tendencia ha creado la necesidad de utilizar diferentes elementos, herramientas, materiales y estructuras en la protección de los cultivos con la finalidad de obtener altos rendimientos con productos de mejor calidad. Se habla entonces de producir bajo sistemas de agricultura protegida que incluyen cualquier estructura cerrada cubierta por materiales transparentes o semitransparentes, que permiten obtener condiciones artificiales de microclima para el cultivo de plantas fuera de estación en condiciones óptimas (Portillo, 2006).

Según Martínez et al. (2021) es una de las alternativas técnicas más utilizadas para la intensificación de la producción agrícola, a través de la cual se busca generar mayor eficiencia en los sistemas de producción con el fin de obtener producción sostenible en el tiempo. Además, en estos sistemas se integran tecnologías que se adaptan ante los cambios de las condiciones meteorológicas de diferentes regiones por lo que se obtiene la producción sin importar las variaciones del cambio climático.

Esta implementación de tecnologías en el campo pretende optimizar el uso de los recursos e incrementar la producción agrícola en un mundo en donde el reto es abastecer de alimentos a una población cada vez mayor (Rodríguez et al., 2018).

Esto permite al consumidor observar las diferencias entre este tipo de producto que se presenta en los mercados con respecto a otros, lo cual hace, que los productos de ambiente protegidos estén en nichos de alto nivel (Pacheco, 2006). Esto facilita a los consumidores de alimentos demandar cada vez más productos hortícolas de excelente calidad e inocuidad (Martínez et al., 2021).

Objetivos generales y específicos

Objetivo general

Validar diferentes sistemas de cultivo para la producción sostenible de sandía en casa de cultivo de vegetación de la Cooperativa El Progreso de Agua Buena.

Objetivos específicos

- Evaluar diferentes prácticas de manejo agronómico en sistema de producción de sandía en casa de cultivo.
- Determinar la factibilidad económica de diferentes sistemas de producción de sandía en casa de cultivo.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Agricultura protegida

En la actualidad, los consumidores de alimentos demandan cada vez más productos hortícolas de excelente calidad e inocuidad. Igualmente, los productores de hortalizas requieren de tecnologías de manejo como las casas de cultivo, que les permitan incrementar la productividad y reducir el uso de agroquímicos para cumplir con las exigencias del mercado (Martínez et al., 2021). Esto lo confirman Nieto y Braly (2019) en donde los ambientes protegidos es la forma de responder a los requisitos cada vez más exigentes de los consumidores con respecto al uso de plaguicidas, condiciones sanitarias y protección de los trabajadores, principalmente en los mercados internacionales, así como en los nacionales. Esta tecnología también se considera uno de los aportes más importantes de la revolución científica agrícola del siglo XX, y hoy en día, un componente esencial de la actividad agrícola moderna y competitiva en todo el mundo (Martínez et al., 2021).

Según (Ramírez, 2020) el uso de ambientes protegidos es una alternativa para desarrollar cultivos y mantener una producción a lo largo de todo el año, independientemente de las condiciones ambientales que se presenten en la región, debido a que en otras latitudes como en Europa e Israel, la tecnología de ambientes protegidos ha tenido gran desarrollo y ha aumentado las producciones muy sobre las obtenidas a campo abierto. Esto coincide con Nieto y Braly (2019), en donde el aumento de la eficiencia en la producción crecen significativamente a medida que aumenta el nivel de la tecnología, se prolongan las temporadas de cultivo que conducen a un mayor rendimiento por unidad de producción y lo confirma (Alas, 2003) quien indica que esta tecnología reduce el riesgo de pérdidas y permite un abastecimiento constante durante el año, con un mayor margen de seguridad en la cosecha de excelente calidad y de altos rendimientos de producción, su utilización alarga el período de cosecha de las plantas y constituye una estrategia de mercado que permite ofertar el producto en diferentes épocas del año.

Según (Rojas, 2015) el uso de sistemas de cultivo protegido permite producir hortalizas en climas adversos, facilitando el control de plagas y enfermedades; creando un ambiente favorable para el crecimiento de las plantas y permitiendo controlar al máximo los factores de producción, como la fertilización, la luz, CO₂, temperatura y humedad relativa, permitiendo obtener una producción anticipada e incluso, fuera de estación; sembrando en dos ciclos o más de producción en la región de interés. Esto lo confirman (Ramírez y Nienhuis, 2012) al afirmar que esta permita disminuir los efectos negativos del clima circundante que limita la productividad de muchas especies de hortalizas a campo abierto.

El desarrollo de la producción de hortalizas bajo condiciones protegidas en el mundo se inició hace más de cuatro décadas en países como: Holanda, Francia, Israel, EE. UU., Brasil, Italia, España y Japón, entre otros, los cuales han logrado grandes avances tecnológicos (Jaramillo et al., 2012).

Entre los avances en el mundo se estima un área de agricultura protegida para el (2018) de:

Cuadro 1: Áreas ocupadas en el mundo en cuanto a agricultura protegida para el 2018

Lugar	País	Superficie (Ha)
1	China	82,000
2	España	70,000
3	Corea del Sur	51,787
4	Italia	42,800
5	Turquía	41,384
6	México	20,000
7	Marruecos	20,000
8	Francia	11,500
9	Resto de los países	160,529

(Martínez et al., 2021).

En Panamá, se presentan diferentes factores que limitan la producción del cultivo de sandía, los cuales son: el clima, las plagas y enfermedades, los costos de los insumos, la

mano de obra, el financiamiento y el mercado (Barba et al., 2015). A demás, no existe documentación tangible, sobre el manejo de cultivos en ambientes protegidos; siendo éste un sistema que se ha estado implementando hace muchos años atrás, en otros países del mundo, para mejorar la calidad y aumentar la productividad de sus cultivos (Jaramillo et al., 2012). Las primeras acciones en Panamá, de protección de cultivo se realizaron en la provincia de Chiriquí, específicamente en Boquete con el cultivo de la cebolla; para evitar el daño ocasionado por las frecuentes lluvias, se diseñaron, evaluaron y recomendaron techos de polietileno de 200 micras de espesor, para cubrir los semilleros. Adicional, para el secado de los bulbos recién cosechados, se utilizó el secador solar. A partir de estos primeros pasos se inicia la producción bajo ambiente protegido utilizando estructuras hechas de madera, bambú (cañazas) y cubierta plástica, que, en la actualidad, se reemplazan por estructuras metálicas de tecnología importada, adaptas a las condiciones climática de la provincia, experiencia que se replica en otras áreas del país (MIDA, 2017-2018).

Esta tecnología local en condiciones de agricultura protegida en Panamá registra 292 ha entre infraestructuras tipos techito, artesanal (cañazas), mixtos (cañazas y metal) e industriales (carriolas). Los cultivos principales son tomate de mesa, tomate pera, pimiento, fresa, lechuga, pepino, flores y follaje. A nivel nacional, las estadísticas registran 384 productores, los cuales cuentan con infraestructuras para cultivos en ambientes protegidos, y es la provincia de Chiriquí la que agrupa a la mayoría de estos productores (MIDA, 2017-2018).

En la provincia de Los Santos, los asociados de la Cooperativa El Progreso R.L, al sentirse afectados por sembrar a campo abierto, tomaron la iniciativa de construir tres casas de vegetación, para producir de forma segura y sostenible; pero por falta de conocimiento y manejo de estas, no son utilizadas; presentando resultados negativos que no generan beneficios a la empresa, debido a esto en la región de Azuero, existen muchas estructuras que podrían ser rehabilitadas, para producir alimentos, como las de la Cooperativa El Progreso R, L, que, desde su construcción, sólo son utilizadas una vez al año, para la realización de semilleros.

Esto justifica el uso de casas de vegetación en el trópico, desde el punto de vista técnico, las casas de vegetación permiten controlar mejor las variables de producción de los cultivos, como son el riego, la aplicación de fertilizantes, la biomasa y las prácticas de manejo como el tutorado, poda y polinización (Alas, 2003). Estas también permiten la automatización de algunos procesos por medio de dispositivos electrónicos de control como programadores de riego (Ramírez y Nienhuis, 2012).

Logrando que el productor mantenga una visión amplia, de cómo implementar la agricultura en ambiente protegido, y tener un enfoque de los principales problemas que enfrentan cada día, en el desarrollo de sus cultivos y así por medio de la tecnología favorecer la sostenibilidad y promover prácticas acordes con la agricultura alternativa, lo cual hace que los productos de ambiente protegidos estén en nichos de alto nivel (Pacheco, 2006).

Las principales hortalizas que más se producen en agricultura protegida son: tomate, chile, pimiento y pepino. Sin embargo, se pueden producir una infinidad de productos, como lechugas, plantas aromáticas, plantas medicinales, ejotes, champiñones, entre otros (Portillo, 2006).

1.1 Ventajas y limitantes al producir en ambiente protegido

Cuadro 2: Ventajas y limitaciones al producir en ambiente protegido.

	Beneficios		Factor Limitante
1	Aumenta la calidad y el rendimiento de los cultivos	1	La inversión inicial es alta.
2	Obtener productos fuera de época, más ciclos de producción/año	2	Alto costo de operación.
3	Control climático (temperatura y humedad relativa)	3	El manejo requiere de personal capacitado y especializado, con experiencia en la práctica y con conocimientos teóricos amplios y especializados.
4	Ahorro en insumos como agua y fertilizantes	4	Alto grado de conocimiento sobre los requerimientos del cultivo.
5	Control de insectos y enfermedades que dañan los cultivos, es decir, disminuyen la incidencia de plagas y enfermedades.	5	Cambio de mentalidad del productor, accionista-inversionista.
6	Mano de obra permanente y no estacional.		
7	Disminuyen costos de producción por unidad producida.		
8	Hace posible la producción de alimentos en lugares donde las condiciones climáticas y la disponibilidad de agua o de suelos no lo permiten.		
9	Integra de manera más eficiente la producción primaria con la agroindustria al ofrecer materias primas durante todo el año, con volúmenes considerables y excelente calidad.		

(Portillo, 2006).

Según (Portillo, 2006), en un inicio la inversión para implementar que este nuevo sistema incrementa los costos de alguna manera para quienes han venido trabajando a campo abierto desde siempre; sin embargo, hasta hace una década era casi imposible soñar con desarrollar esta tecnología en nuestros patios traseros o parcelas, ahora es una realidad

más tangible. Hay que reconocer que quizá uno de los factores más limitantes no sea el económico si no el cultural. La capacitación y especialización del personal operativo que llevara su inversión al éxito o al fracaso.

2. Origen del cultivo de sandía

La sandía tiene su origen en el desierto de Kalahari en el continente africano, donde aún, hoy en día crece en forma silvestre. Los primeros vestigios de su cultivo se encontraron concretamente en Egipto, desde 3000 años A.C. Tras el descubrimiento de América fueron los pobladores europeos los que la introdujeron en el Nuevo Mundo, extendiendo su cultivo por todo el continente (Soto et al., 2017).

3. Taxonomía

Esta es una planta herbácea, rastrera, trepadora y pertenece a la familia cucurbitácea y su nombre científico es *Citrullus lanatus* (Thunb.). Es propia de cultivos extensivos de secano y regadío. El fruto se clasifica como carnosos, por tener más del 50% de su pulpa comestible.

3.1 Clasificación taxonómica

División: Spermatophyta.

Clase: Angiospermae.

Subclase: Dicotiledoneae.

Orden: Campanulales.

Familia: Cucurbitaceae.

Género: *Citrullus*.

Especie: *Citrullus lanatus* Thunb.

Nombre común: Sandía, melón de agua. (Reche, 1988).

3.2 Exigencias climáticas

La sandía es una especie de climas cálidos y secos, su rango de temperatura que tolera es de 18-32°C, la óptima para su desarrollo es de 25°C, en donde su balance nutricional se afecta considerablemente cuando las temperaturas descienden por debajo de 12°C y cuando sobrepasan los 40°C. La fecundación también es afectada significativamente cuando la temperatura rebasa los 32°C, debido a que se demora el crecimiento del tubo polínico. La germinación se inicia a temperaturas de 14-16°C, pero la óptima para que se produzca es en 5-6 días es de 20°C y para su fotosíntesis es de 25-30°C, de manera que, no prosperan adecuadamente en climas húmedos con baja insolación produciendo fallas en la maduración y calidad de los frutos (Ruiz et al., 2013).

La humedad relativa óptima para el desarrollo de las plantas es de 65% - 75%, para la floración es de 60% - 70% y para la fructificación es de 55% - 65%. Por lo que, el desarrollo de los tejidos del ovario de la flor está influido por la temperatura y las horas de luz. Así pues, días largos y altas temperaturas favorecen la formación de flores masculinas y días cortos y temperaturas moderadas favorecen la formación de flores femeninas (Soto et al., 2017).

4. Producción de sandía a nivel mundial

Con respecto al cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), esta ocupa un 9% de la producción del área dedicada a cultivos de hortalizas a nivel mundial y su mercado representa un volumen de negocio de aproximadamente 120 millones de dólares (Gutiérrez et al., 2020).

En Panamá, geográficamente la mayor distribución de la producción se observa en las provincias de Veraguas, Coclé, Panamá Oeste, Los Santos y Herrera. En resumen, la producción nacional de sandía es de 26.58 toneladas, donde el 38% tiene como destino al consumo nacional y el 62% al mercado de exportación. Adicional, del total la superficie cosechada (992 ha.) el 58% para la producción del mercado de exportación y el 38% al mercado nacional (MIDA, 2019; 2020).

5. Técnicas de cultivo utilizadas

5.1 Acolchado plástico

Este es un sistema que, en hortalizas de alto valor, está adquiriendo cada vez mayor importancia por su efecto sobre plagas, protección del suelo, dado que evita la pérdida de humedad y favorece la absorción de nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas al igual que el control de malezas. Es decir, estos materiales, también se combinan perfectamente con el riego por goteo (Cuellar, 1994) . Además, su uso, reduce la evaporación del agua del suelo y aumenta los rendimientos de diversos cultivos (Quezada et al, 2004; Baticевич, 1997) (Collison, 1989, Maynard, 1989), citado por Samaniego y colaboradores 2019.

También es una técnica donde se utiliza polietileno con especificaciones plástico mulch/ plástico mulch 1.2 m X 1200 m, y su colocación puede realizarse a máquina o a mano, enterrando los bordes del mismo o echando unas paletas de tierra, de trecho a trecho para que el viento no lo levante.

Los diferentes tipos de plástico para el acolchado de suelo han variado en cuanto a espesor y color (negro, gris, blanco, rojo, azul, verde, marrón, metalizado, transparente, café, entre otros), los cuales además de tener los efectos benéficos básicos de un acolchado, también modifican la cantidad y longitud de onda de la radiación reflejada, ajustando el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas (Kasperbauer, 1999) citado por Samaniego y colaboradores 2019.

Estos acolchados de colores pueden inducir cambios en el microclima de la planta y actuar a través de un sistema regulatorio natural dentro del crecimiento de la planta, además, de afectar el desarrollo de la misma y la producción de fruto.

El acolchado produce los siguientes efectos:

- Reducción considerable de la evaporación del agua desde la superficie del suelo.
- Aumento de la temperatura del suelo.
- Modificación del intercambio gaseoso aire-suelo.

Para que los efectos anteriores se produzcan, es obligatorio que el acolchado quede bien sellado con suelo por ambos lados de la cama, con el uso de acolchado se proveerá el alto requerimiento térmico de las cucurbitáceas, incrementando su masa radical y, por ende, la absorción de nutrientes (Crawford, 2017).

5.2 Incorporación de micorrizas arbusculares

Según lo planteado por Garzón (2016) el uso de especies nativas de micorrizas determinará su asociación con la especie vegetal de interés para así ser estimuladas para potenciar el crecimiento vegetal. También actúan en la absorción del potasio (K), aumentando el crecimiento de las raíces y la fijación biológica de nitrógeno (N) en plantas, el cual es deficiente en la mayoría de los suelos tropicales (Canales y Medina, 2017).

Estas absorben azúcares de la raíz de las plantas e introducen nutrientes como el fósforo, nitrógeno, potasio, calcio, azufre, zinc, entre otros en su sistema vascular. Dicho esto, el uso práctico de estos microorganismos en sistemas de producción vegetal que presentan condiciones de ausencia o poca eficiencia de micorrizas nativas, baja fertilización del suelo y mediana a alta afinidad y dependencia de micorrizas del cultivo a inocular tiene los siguientes propósitos principales:

- Hacer un uso eficiente del fósforo del suelo y de los fertilizantes fosfóricos
- Optimizar la productividad de los suelos y cultivos con niveles bajos de insumos
- Hacer posible y rentable la producción vegetal en condiciones adversas (de fertilización, presencia de metales pesados, desertificación)
- Ayudar a establecer cultivos en suelos erosionados o degradados.

5.3 Tutorado

Esto es, una práctica imprescindible para mantener la planta erguida, ya que los tallos de sandía se parten con mucha facilidad (Peñarrieta, 2015). Esto se realiza principalmente en las variedades normales, cuando están tutoradas, el pedúnculo del fruto

se alarga y termina por partirse antes que el fruto haya alcanzado su madurez por lo cual es necesario colocar un soporte "bolsa de malla" para cada uno de los frutos, suspendidos directamente del tutorado, para evitar la presión sobre el pedúnculo. Así mismo, hay que asegurarse de que la estructura del invernadero pueda soportar la carga de la planta y los frutos garantizando tutores fuertes. Es decir, consiste en colocar durante el desarrollo de las plantas, mallas, cuerdas o tensores y bolsas colgantes fijas a la infraestructura, en donde se entrelazan guías para evitar el contacto del área foliar y frutos al suelo (Osorio et al., 2012).

Este permite optimizar las condiciones del cultivo en el invernadero, como el aumento de los rayos solares de forma indirecta, lo que incrementa la densidad de la plantación y nos facilita la polinización, para obtener una máxima productividad de calidad en un mismo espacio (Cañedo, 2015).

5.4 Poda

Es una técnica con la cual se intenta controlar el crecimiento de la planta reduciendo el número de brotes, consiguiendo mantener la vegetación precisa para el desarrollo de los frutos, eliminando, al mismo tiempo, órganos improductivos. Con la poda se pretende mantener las plantas con la vegetación suficiente en sus justos límites, a fin de conseguir precocidad, calidad y una mayor producción. Igualmente, en algunas especies, con excesiva vegetación, la poda favorece la aireación e iluminación en el interior de la planta, reduce la incidencia de algunas plagas y enfermedades también se consigue, uniformidad en el tamaño de los frutos (Reche, 1996).

La poda de fruto es una práctica que permite minimizar la competencia para lograr uniformidad en el tamaño de estos. La supresión o poda se realiza en aquellos frutos deformes o afectados por enfermedades e insectos (Osorio et al., 2012).

5.5 Polinización

Es un factor muy importante y limitante en estos ambientes hoy en día en Panamá. Para realizarlo se utilizan dos métodos: manual y con insectos (abejas y abejorros) en donde el primero, con el propósito de favorecer la polinización y aumentar el porcentaje de cuaje de los frutos en este sistema, se frota los estambres de una flor masculina que está desprendiendo el polen, sobre las estigmas de la flor femenina recién abierta, obteniendo una fructificación y el segundo donde se introducen las abejas con y sin aguijón o los abejorros las cuáles serán las encargadas de transportar el polen de las flores masculinas a las flores femeninas mejorando la polinización en el cultivo, las flores se abren a primeras horas de la mañana, permaneciendo receptiva durante 3-4 días necesitando una gran afluencia de polen para que se desarrollen los frutos adecuadamente, lo que se produce con la concurrencia de una abeja por cada 100 flores y 10 visitas por flor femenina (Collison, 1989, Maynard, 1989), citado por Maroto y colaboradores 2002.

Según Mármol (2000), para este proceso, las abejas han de disponer de un ambiente propicio para realizar su trabajo por lo que se tendrán en cuenta estas recomendaciones:

- La colmena ha de colocarse fuera del invernadero y junto a una banda o ventanas que permanezcan más tiempo abiertas, preferentemente junto a la banda sur del invernadero.

- Hay que evitar la realización de tratamientos durante la floración y en caso necesario emplear exclusivamente los productos inocuos para las abejas.

- Los tratamientos hay que realizarlos por la mañana o al atardecer, o por la noche dejando las bandas del invernadero abajo varias horas para evitar o reducir la entrada de abejas al invernadero y procurando no tratar si hay viento.

- El agua es imprescindible para las abejas, ya que la consumen en abundancia, por lo que es conveniente situar en diversos lugares recipientes que la contengan y sobre ésta colocar trozos de corcho y de madera para que se posen en ellos y puedan beber.

El uso de abejorros es otro método para la polinización, en 1987 se inició el empleo de abejorros para la polinización en varios países europeos, habiéndose extendido

recientemente su aplicación en España para cultivos de frutales, judías, calabacines, tomates, pimientos, sandías, etc. Los abejorros vuelan en días nublados y con temperaturas relativamente bajas, por lo que al final del invierno pueden ser útiles para la polinización de la sandía. Es suficiente una colmena para 1.500 m². No es necesario proporcionarles alimento, pues al contrario que en otras hortalizas (pimientos, fresas, tomates), ya que se alimentan del néctar de las flores femeninas de la sandía. Los abejorros, al contrario de las abejas, tienen poca comunicación entre ellos. Esto es importante, pues no se paraliza el proceso de polinización en el invernadero cuando algún insecto encuentra alimento en el exterior. Al igual que las abejas, estos insectos son sensibles a los pesticidas (Mármol, 2000).

5.6 Recolección

Desde la fecundación del fruto transcurre un periodo de 35 - 40 días en sandía sin injertar, esto nos indica el momento óptimo de recolección el cual tiene mucha importancia, puesto que el contenido de azúcares no aumenta después de haber sido cortado el fruto por lo que debe recolectarse maduro.

Los síntomas aparentes de madures del fruto son (Moroto et al., 2002):

- Dsecación del zarcillo que acompaña al fruto.
- Desaparición de la capa cerosas que acompaña al fruto.
- Reducción del número de los pelos del pedúnculo del fruto.
- La piel se desprende fácilmente con la uña.
- Al golpear el fruto con el dedo se oye un sonido apagado.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Localización geográfica del estudio

El estudio se realizó en la Cooperativa El Progreso R. L (figura1), ubicada en el corregimiento de Agua Buena, distrito de Los Santos, provincia de Los Santos, República de Panamá. Localizada entre los 7°50'15" de latitud norte y 80°24' 01" de longitud oeste. Presenta un ecosistema de sabana, a una altura de 45 msnm, con una precipitación media anual de 1.200 mm y una temperatura media anual de 28°C.



Figura 1. Ubicación de la casa de vegetación en la Cooperativa el Progreso RL.

2. Análisis de suelo

Se realizó un muestreo de suelos antes de la siembra a una profundidad de 30 cm (capa arable), tomando sub-muestras, las cuales se mezclaron para sacar una muestra homogénea en cada localidad para determinar sus características fisicoquímicas según la metodología

descrita por Villarreal y Name (1996). El suelo de Agua Buena de los Santos (Cuadro 3), en cuanto a contenido de nutrientes y según los niveles críticos establecidos por el Laboratorio de Suelos del IDIAP (Villarreal y Name, 1996), presenta niveles altos de potasio (K), magnesio (Mg) y manganeso (Mn); niveles medios de Calcio (Ca), Hierro (Fe) y de cobre (Cu); además unos niveles bajos de fósforo (P) aluminio (Al), Hierro (Fe) y zinc (Zn). En cuanto a sus características físico-químicas (Cuadro 4), presenta una textura franca - arenosa, con una coloración en seco pardo amarillento, pH poco ácido, una capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) bajo, con una baja saturación de aluminio, una elevada saturación de bases (98.88%) y un nivel bajo de materia orgánica.

Cuadro 3: Fertilidad de los suelos en las localidades del estudio de absorción. (Fuente: laboratorio de suelos, IDIAP 2015).

Localidad	P	K	Ca	Mg	Al	Mn	Fe	Zn	Cu
	mg l ⁻¹		cmol (+) kg ⁻¹			mg l ⁻¹			
Agua Buena	0.00	259.00	3.0	5.20	0.10	75.40	9.80	3.80	3.30

Cuadro 4: Características físico-químicas de los suelos en las localidades del estudio de absorción. (fuente: laboratorio de suelos, IDIAP 2015).

Localidad	Textura	Color	CICE	pH	Al	Bases	M.O
			cmol (+)			saturación	%
			kg ⁻¹		%		
Agua Buena	FRA-ARE	Pardo A.	8.96	5.90	1.12	98.88	0.95

3. El diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con 4 repeticiones en arreglo de fajas, de los cuales, se evaluaron 3 factores en un arreglo factorial 2 x 2 x 2, donde el factor A fue uso de acolchado (con y sin acolchado) como parcela principal, el factor B uso de tutorado (con y sin tutor) y el factor C uso de micorriza (con y sin micorriza). El modelo estadístico para el análisis fue el siguiente:

$$\gamma_{ijkl} = \mu + Rep_i + A_j + \delta_{ij} + B_k + \beta_{ik} + (AB)_{jk} + \rho_{ijk} + C_l + (AC)_{jl} + (BC)_{kl} + (ABC)_{jkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

En donde:

γ_{ijkl} = valor del carácter estudiado.

μ = Media general del experimento.

Rep_i = Efecto de la repetición.

A_j = Efecto de acolchado.

δ_{ij} = Error I (acolchado x repetición).

B_k = Efecto del tutorado.

AB_{jk} = Interacción acolchado x tutorado.

ρ_{ijk} = Error II (acolchado x tutorado x repetición).

C_l = Efecto de la micorriza.

AC_{jl} = Interacción acolchado x micorriza.

BC_{kl} = Interacción tutorado x micorriza.

ABC_{ikl} = Interacción acolchado x tutorado x micorriza.

ε_{ijkl} = Error residual.

4. Unidad experimental

La unidad experimental, con un área efectiva de 7.2 metros cuadrados, en el cual costo con 12 plantas separadas a 0.6 m entre ellas. La parcela efectiva fueron las 8 plantas centrales, dejando dos plantas a cada lado como efecto borde, la distancia entre los bloques fue de 1 m. En el (cuadro 5) se detallan los tratamientos evaluados y en la (figura 2) el arreglo en campo de esta investigación.

Cuadro 5: tratamientos evaluados interacciones entre acolchado, tutorado, microorganismo.

Tratamientos	Acolchado	Tutorado	Microorganismo
1	Plástico	Rastrero	con micorriza
2	Plástico	Rastrero	sin micorriza
3	Plástico	Malla	con micorriza
4	Plástico	Malla	sin micorriza
5	Suelo	Rastrero	con micorriza
6	Suelo	Rastrero	sin micorriza
7	Suelo	Malla	sin micorriza
8	Suelo	Malla	con micorriza

5. Diseño de la casa de cultivo

Es un invernadero de doble capilla formado por dos naves yuxtapuestas. Su ventilación es mejor que en otros tipos de invernadero, debido a la ventilación cenital que tienen en su cumbre de los dos escalones que forma la yuxtaposición de las dos naves; estas aberturas de ventilación suelen permanecer abiertas constantemente y suele ponerse en ellas mallas

mosquiteras. Además, también poseen ventilación vertical en las paredes frontales y laterales. Este tipo de invernadero no está muy extendido debido a que su construcción es más dificultosa y costosa que el tipo de invernadero capilla simple a dos aguas.

Su dimensión es de 16 m de ancho por 31 m de largo con un área total de 496 metros cuadrados.



Figura 2. Vista panorámica de la casa de cultivo, localizada en cooperativa el Progreso Agua Buena.

6. Material genético

Se sembró un cultivar que había sido evaluados en nuestro país por los organismos idóneos para tal fin (IDIAP, FCA) y que está registrado en el Comité Nacional de Semillas como la sandía diploide: Mickylee.

Cuadro 6: Características generales del cultivar MICKYLEE

Características agronómicas de la variedad Mickey Lee	
Días de floración.	30-35
Color de semilla.	Oscura
Forma de fruto.	Redondo
Peso del fruto.	2.27 - 6.80 kg
Días de cosecha.	60-65
Reacción a las plagas.	Tolerante
Épocas de siembra.	Verano

(González, 2011).

7. Manejo agronómico

Se realizó el manejo agronómico del cultivo, según la tecnología generada por el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), que consiste en un sistema de preparación del suelo bajo condiciones normales para romperlo e incorporar las malezas al mismo, a una profundidad aproximadamente de hasta 0.40 m, 30 días antes de la siembra; el mismo consistió en romper el suelo con un pico hasta desmenuzar, levantar las camas y pulirlas con el rastrillo, cabe destacar que esta actividad se puede desarrollar con un motocultor (Osorio et al. 2012). También se estableció un arreglo topológico en donde se instaló el ensayo y se evaluó diferentes sistemas de cultivo para la producción sostenible de sandía Micky Lee en casa de cultivo, con camas de 28.8 m de largo por 1 m de ancho y una densidad de siembra (1x 0.60m).

En general, las prácticas de cultivo utilizadas son descritas a continuación:

- En primer lugar, se realizó limpieza general de la casa de vegetación como control de malezas en (barbecho) antes de establecido el cultivo.

- Luego se procedió la elaboración de camas donde se acondicionó el suelo rompiéndolo a la profundidad adecuada para el desarrollo del cultivo.
- Seguidamente, se instaló el sistema de riego y calibración de este, a una adecuada presión para la aplicación de los diferentes riegos y fertilizaciones requeridas del cultivo para su desarrollo, tomando en cuenta el análisis de suelo.
- Luego se instaló el acolchado plástico.
- Como siguiente paso, el tutorado, que consiste en colocar cañas, mallas, cuerdas o tensores y bolsas colgantes fijas a la infraestructura, para que las plantas en proceso de desarrollo, se entrelazan guías para evitar el contacto del área foliar y frutos.
- Otra actividad realizada fue, la incorporación de 10 gramos de micorrizas en la base del hoyo antes del trasplante en los diferentes tratamientos.
- El trasplante se realizó, en la casa de vegetación sobre las camas con y sin acolchado, como la parcela principal iniciándose con la apertura del hoyo donde se deposita posteriormente el pilón.
- En el muestreo de plagas, se instalaron trampas de colores azul, amarillo y blanco, para el muestreo de plagas e insectos benéficos, dentro de la estructura, las cuales, fueron cambiadas con una frecuencia de 7 días. Dicho esto, se realizó un muestreo directo en el cultivo para determinar el estado fitosanitario presente.
- Durante todo el proceso, se llevó registros diarios de la condición fenológica del cultivo y parámetros agronómicos como: conductividad eléctrica, temperatura y pH. De la misma manera, se instaló una Estación Agroclimática, modelo Davis Vantage Pro; la cual, registro los datos de la condición agroclimática existente cada 5 minutos dentro de la estructura. Y, finalmente, los datos considerados en el estudio, como la temperatura máxima, media, mínima, radiación y humedad relativa.
- Se realizó un guiado y poda sobre las cuatro primeras hojas, con el fin de que la planta se forme sobre esos cuatro brotes axilares.
- Se realizó un embolsado de la fruta en los tratamientos con tutorados, a fin de, evitar que se desprendiera por su peso.

8. Datos climáticos

Los datos climáticos, se obtuvieron de una estación meteorológica tipo Davis Vantage Pro, que estaba ubicada dentro de la casa de vegetación donde se realizó la investigación. Esta estación fue utilizada para medir las condiciones ambientales del área, como la temperatura, radiación y la humedad relativa.

9. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza para determinar si existe diferencia entre los tratamientos evaluados. Se realizó una prueba de separación de medias mediante Duncan (alfa 0.05). Previa comprobación de supuestos de normalidad, homogeneidad Varianzas. Mediante la prueba de Shapiro Wilks, Levene (Miranda, 2011).

Se realizó un análisis económico de presupuesto parcial para determinar las diferencias entre los tratamientos evaluados, según la metodología descrita por el (CIMMYT, 1988).

10. Variables de estudio del cultivo

Se determinaron las variables:

- **Número de frutos por planta:** El conteo de los números de frutos se realizó en el momento de la cosecha, contando los frutos de las plantas evaluadas de las parcelas para luego pesar el fruto.
- **Peso de fruto (kg/m²):** El peso del fruto se determinó pesando cada una de las unidades colectadas por planta en una balanza digital en (kg).
- **Rendimiento en (kg/m²):** Una vez determinado el peso promedio del fruto se procedió hacer una relación por área y es expresado en kg/m².
- **Grados brix (°Bx):** En cada área útil de la unidad experimental se tomó un fruto al azar el cual se utilizó para tomar los grados Brix, este se realizó en la cosecha y se utilizó un refractómetro (instrumento para medir los grados Brix).

- **Número de frutos rayados (m):** este se realizó verificando cada fruta de manera visual, calificando si presentaban daños en su corteza por insectos o daños mecánicos.
- **Número de frutos deformes en (m):** este se tomó de forma visual observando los frutos que no contaban con las características adecuadas de la variedad.
- **Dureza (kg/cm²):** se procedió a romper la fruta tanto en los polos como en el ecuador con el instrumento durómetros esclerómetro para la inspección de la dureza de las frutas.
- **Índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI):** Fue al final de la cosecha. Efectuando los muestreos utilizando un “Green Seeker.
- **Determinación de biomasa (kg/m²):** se realizaron muestreos para la determinación de biomasa a cada unidad experimental, para la cual, se cortó tres plantas, los cortes se realizaron al terminar el ciclo de cultivo, seguido se picaron las muestras, luego se depositaron en bolsas de papel, se tomó el peso húmedo de cada muestra y se llevaron al horno a 70°C, de 12 a 24 horas, hasta que estuvieron totalmente secas y, por último, se les tomó el peso seco.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Características del clima

Según Ruiz et al. (2013), conocer los requerimientos climáticos de los cultivos, tales como: temperatura, humedad relativa y radiación solar son necesarios para establecer la zonificación correcta de las diferentes especies agrícolas y que estas puedan expresar su potencial de rendimiento ante los retos que presenta la variabilidad y el cambio climático con la presencia de intensas sequías, excesos de humedad, temperaturas altas y vientos fuertes, etc., garantizando una agricultura menos expuesta a tales riesgos climáticos y más basada en conocimientos científicos.

Los datos de la temperatura en esta investigación nos muestran de forma más concreta en que periodos se alcanzan los picos de temperatura, tanto máximos como mínimos.

Las temperaturas máximas obtenidas por la estación meteorología durante el desarrollo del cultivo, se presentaron desde los 39.9 °C y las lecturas de las temperaturas mínimas, fueron 21.4°C (Figura 4), siendo estas temperaturas muy variables en las diferentes etapas fenológicas de este cultivo principalmente en la etapa de fecundación que abarca de los 30 a 40 días donde se manifestó la temperatura superior a 32°C afectando la fecundación, observándose en el bajo número de frutos por plantas, esto lo confirma Osorio et al.(2012), debido a que la temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo de la planta es de 25 °C; sin embargo, se desarrolla a temperaturas de 24 a 32 °C. Una temperatura inferior a 12 °C afecta el desarrollo del cultivo y si es superior a 32 °C se afecta la fecundación, ya que, provocan abortos en los cuajes.

Crawford (2017) afirma que temperatura óptima para el crecimiento de la planta es de 25 a 35°C durante el día y de 18 a 22°C por la noche. Su cero vegetativo se sitúa en los 11 a 13°C de temperatura ambiental y se hiela a 1°C. Para la cuaja de frutos la

temperatura debiera ser de 21°C y para la maduración de los frutos se da entre los 20 a 30°C.

Según lo expuesto por Gaitán (2016), la temperatura, por debajo de 5°C y entre 35 y 40°C se detiene la fotosíntesis; en cambio, entre 18 y 25°C se encuentra la temperatura óptima. Por debajo de 5°C y entre 40 ó 45°C se detiene la respiración, mientras que entre 5 y 35°C la respiración aumenta muy rápidamente.

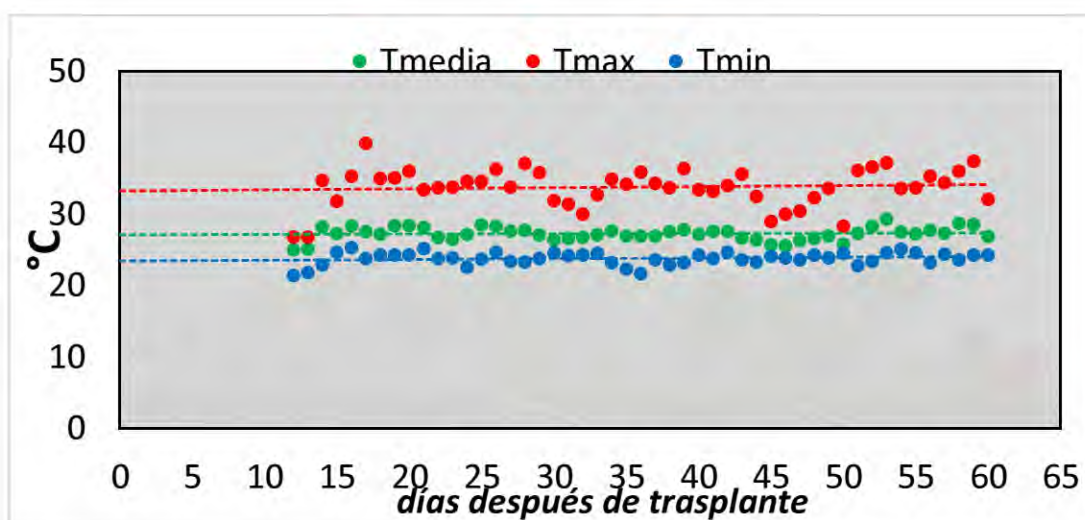


Figura 3. Rangos de temperatura monitoreados dentro del invernadero durante el tiempo de cultivo.

Trabuco *et al.*, (2016) afirma que el contenido de humedad en el ambiente depende en gran medida de la ocurrencia de precipitaciones, tanto en frecuencia como en intensidad, por tal razón, la sandía no prospera adecuadamente en climas húmedos con baja insolación, y se producen fallas en la maduración y calidad de los frutos.

La humedad relativa óptima para el desarrollo de las plantas es de 65% - 75%, para la floración es de 60% - 70% y para la fructificación es de 55% - 65%.

La humedad relativa en la (figura 5), presenta un comportamiento, a lo largo de los días con rangos inferiores a 79.3% y superiores a 89.9% en el periodo de floración, el cultivo estuvo dificultades para realizar sus propiedades fisiológicas que se manifestaron en la

variable de número de frutos cuajados por planta con promedios bajos, afectando directamente los rendimientos. Esto lo confirma Lozano (2019), demostrando cuando la humedad relativa es alta con valores mayores al 80%, se vuelve propicia en la aparición de patógenos que producen enfermedades y favorece la propagación de plagas en nuestros cultivos, también se dan problemas en el funcionamiento de los cultivos, dejando el polen acumulado sin poder desprenderse, por lo que se ve afectada la polinización al igual que reduce la transpiración, lo que disminuye la absorción de nutrientes afectando al crecimiento de la planta.

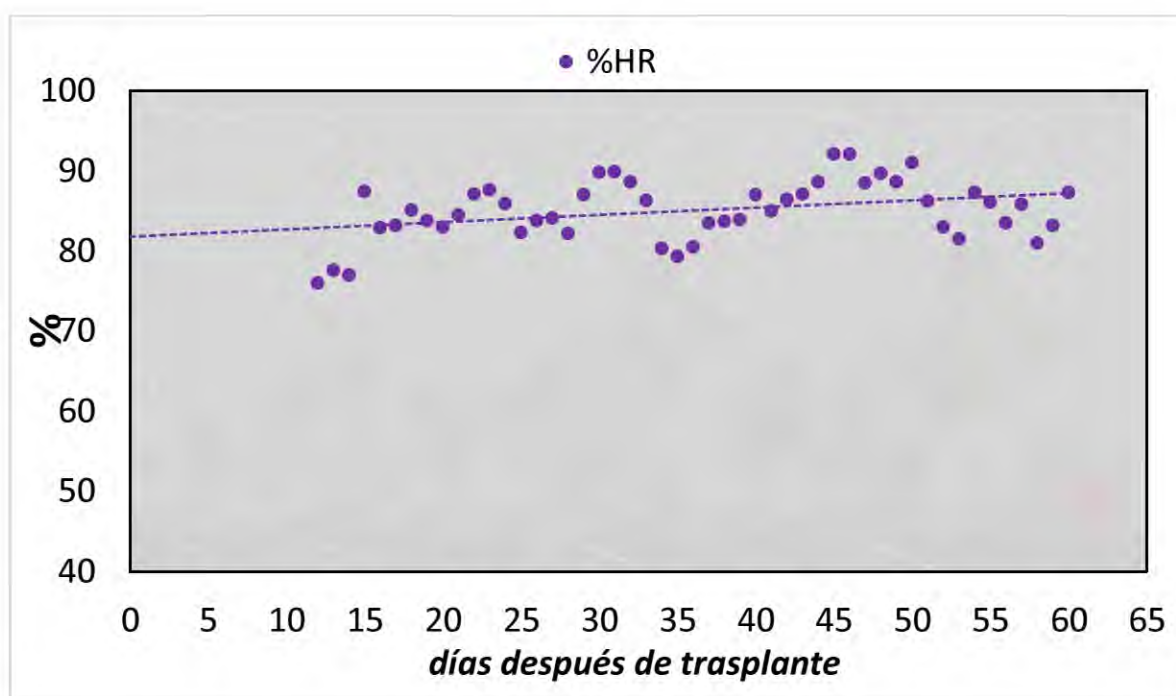


Figura 4. Humedad relativa del ambiente dentro del invernadero donde se encontraba la unidad experimental.

La radiación es una forma de energía electromagnética y representa una porción total de energía calorífica emitida por el sol. Es la principal fuente de energía para las plantas, representa la fuerza para poder realizar el proceso fotosintético, lograr la producción de biomasa y ejercer una respuesta fisiológica, también influye de manera directa en el rendimiento y respuestas de la planta (López, 2010).

Según lo expuesto por Villa et al. (2001), el requerimiento óptimo en la radiación solar para el cultivo de sandía es de 662 a 1152 cal/cm²/día.

En la (figura 6), se puede apreciar un comportamiento descendente de los valores sobre la línea de la media, en donde las lecturas obtenidas por la estación meteorología, están desde los 249.34 cal/cm²/día como máximo y hasta por debajo de los 105.85 cal/cm²/día como mínimo demostrándonos estar por debajo de los requerimientos del cultivo, comportamiento que se le atribuye a la nubosidad de los días de invierno, propios de la época y acompañados de los fenómenos naturales Eta y Lota, que ocasionaron afectaciones al país. Esto lo confirma la Empresa de Trasmisión Eléctrica, S.A. a través de la Dirección de Hidrometeorología, como representante permanente de la República de Panamá ante la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y miembro Comité de Huracanes de la Asociación Regional IV (Norteamérica, América Central y el Caribe), la cual presento un informe de los efectos indirectos de los Huracanes ETA e IOTA formado sobre la cuenca del Caribe durante el mes de noviembre de 2020 (Yáñez et al. 2020). Además Lenscak y Iglesias (2019) afirman que la productividad de los cultivos exigentes en luz puede verse limitada si los niveles de radiación no alcanzan valores óptimos. Estos valores dependen de distintos factores, entre ellos, las condiciones climáticas (principalmente la nubosidad que determina la proporción de radiación directa y difusa). La intensidad de luz está directamente relacionada con el crecimiento y calidad de los frutos. (Gaitán, 2016).

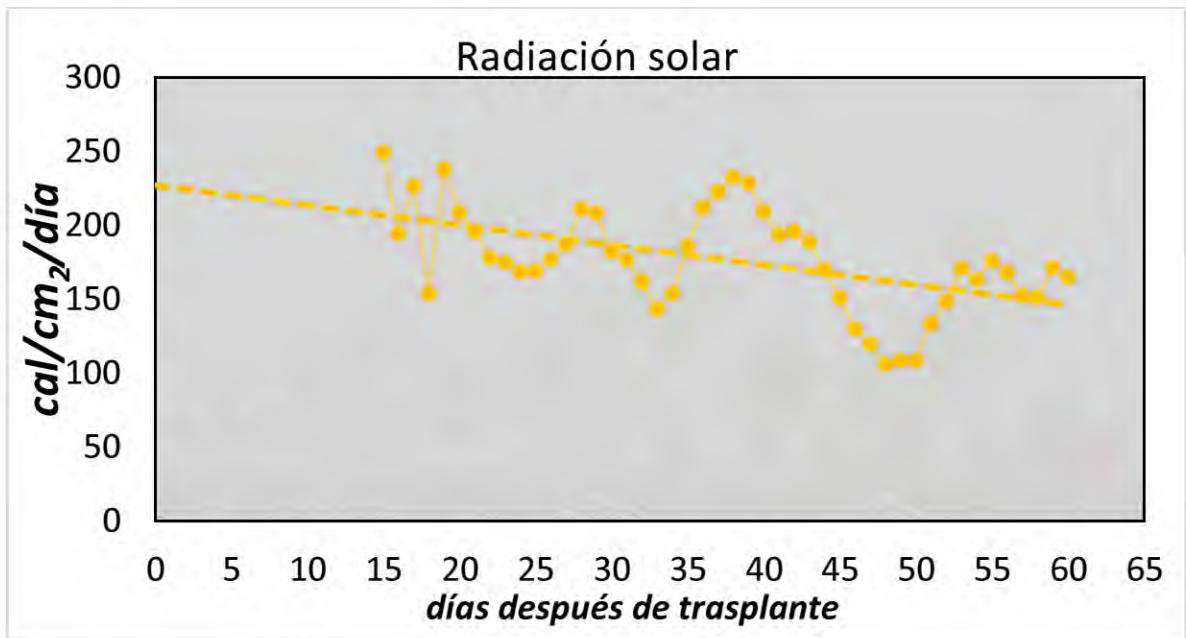


Figura 5. Radiación solar captada dentro del invernadero.

2. Análisis de supuestos

En el (Cuadro 7), se realizaron las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianza (Levene), para determinar si los datos de las variables de respuesta cumplían los requisitos para realizar un análisis de varianza. Las variables dureza, NDVI, biomasa y materia seca no cumplían con la distribución normal, por lo cual se transformaron con el logaritmo natural (LN) con lo cual se procedió a realizar el análisis de varianza. Las variables fruto rayado (frutoRay/m) y frutos deformes (frutoDef/m), no se ajustaron a la distribución normal con ninguna transformación, por lo cual a ellos se le realizó una estadística no paramétrica.

Cuadro 7: Análisis de supuestos

Pruebas de normalidad				Homogeneidad	
Shapiro-Wilk				Levene	
<i>Variable</i>	<i>Estadístico</i>	<i>gl</i>	<i>Sig.</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
fruto/planta	0.93	30	0.072	1.36	0.252
peso/fruto (kg)	0.97	30	0.550	0.07	0.788
kg/m ²	0.98	30	0.736	0.11	0.739
brix	0.97	30	0.402	0.60	0.445
*frutoRay/m	0.47	30	0.000	13.98	0.001
*frutoDef/m	0.45	30	0.000	3.38	0.076
**dureza (kg/cm ³)	0.64	30	0.000	16.43	0.000
diámetro (mm)	0.95	30	0.210	1.99	0.169
**NDVI	0.89	30	0.004	12.05	0.002
**Biomasa (kg/m ²)	0.90	30	0.009	8.67	0.006
%hum	0.96	30	0.335	0.20	0.659
%MS	0.96	30	0.335	0.20	0.659
**MS (g/m ²)	0.90	30	0.008	9.05	0.005
IC	0.94	30	0.081	2.95	0.096
dureza (LN)	0.97	30	0.150	0.73	0.188
NDVI (LN)	0.98	30	0.136	0.21	0.139
Biomasa (LN)	0.95	30	0.187	6.98	0.180
MS (LN)	0.95	30	0.187	6.90	0.186

- *No se ajustan a la distribución normal ni homogeneidad de varianza.*

*** Se transforman los datos con logaritmo natural para el ajuste de normalidad y homogeneidad de varianza.*

3. Resultados del análisis de varianzas

El análisis de varianza (Cuadro 8), muestra que existió diferencia altamente significativa (gl,1), $F=126.32$ ($P> 0.0015^{**}$) para el factor cobertura, en las variables peso de fruto, kilogramo en metro cuadrado, dureza, diámetro y biomasa y diferencia significativa(gl,1), $F= 9.52$ ($P> 0.0539^{*}$) en la variable índice de cosecha. En la comparación de medias para este factor la tendencia general indica que en la variable kg/m^2 presentó el mayor peso, en el suelo.

En el factor tutorado, existió diferencia altamente significativa (gl,1), $F=319.57$ ($P> 0.0004^{**}$) en las variables fruto por planta, peso de fruto, kilogramo en metro cuadrado, brix, índice de vegetación, biomasa, índice de cobertura. Se observó que la comparación de medias los rendimientos fueron superiores cuando se utilizó el sistema tutorado respecto al sistema al rastrero.

La interacción cobertura x tutorado, las variables como diámetro, biomasa, índice de cobertura mostraron diferencias altamente significativas(gl,1), $F=679.12$ ($P> 0.0001^{**}$).

Los resultados más altos se mostraron en el suelo x malla, sin presentar diferencias en rendimiento, entre los demás tratamientos. En el factor biofertilizante, las variables con diferencias altamente significativas(gl,1), $F=18.38$ ($P>0.0011^{**}$) son brix, dureza, índice de vegetación, biomasa, índice de cobertura. Respecto al rendimiento en Kg/m^2 total, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos debido a la aplicación de biofertilizante.

Para la interacción cobertura x biofertilizante, presentaron alta diferencia significativas (gl,1), $F=23.12$ ($P>0.0004^{**}$) las siguientes variables fruto por planta, kilogramo en metro cuadrado, dureza, diámetro y variables como brix presentaron diferencia significativa(gl,1), $F=7.73$ ($P>0.0166^{*}$). Se muestra al tratamiento suelo x sin micorrizas, superando estadísticamente al suelo x con micorrizas; siendo estos los que muestran los más altos resultados en rendimiento en comparación a los demás.

La interacción tutorado x biofertilizante, presentó diferencia altamente significativa (gl,1), $F= 35.28$ ($P>0.0001^{**}$). En las variables fruto por planta, kilogramos por metros

cuadrados, dureza, diámetro, biomasa, además presentó diferencia significativa (gl,1), $F=7.00$ ($P>0.0213^*$). En índice de vegetación. Se observó en el tratamiento malla x sin micorrizas, mayor peso de fruto, presentando diferencias entre los demás tratamientos en cuanto a los rendimientos kg/m^2 , resaltando nuevamente las interacciones con la malla que se mantiene proporcionando rendimientos superiores en los que se utiliza.

La interacción cobertura x tutorado x biofertilizante (gl,1), mostró diferencia altamente significativa (gl,1), $F=12.64$ ($P>0.0040^{**}$) en la variable diámetro y presentó diferencia significativa (gl,1), $F=5.12$ ($P>0.0430^*$) las variables fruto por planta, kilogramo por metro cuadrado, brix, dureza. Se observa que en el tratamiento de suelo x malla x sin micorrizas, mostró los rendimientos más altos.

Cuadro 8: Cuadrados medios del análisis de varianzas de las distintas variables del cultivo.

Cuadrados medios del Análisis de la Varianza (SC tipo III)											
F.V.	G l	fruto/planta	peso/fruto (kg)	kg/m ²	Brix (°Bx)	dureza (kg/cm ³)	diámetro (mm)	NDVI	Biomasa (kg/m ²)	IC	(Error)
Modelo	19	0.040	0.190	0.51	0.45	3.26	26.23	9.4 ^{E-04}	0.150	0.010	
Rep.	3	0.010	0.020	0.11	1.00	0.36	8.48	5.8 ^{E-05}	0.010	0.001	(error I)
Cobertura	1	0.05ns	1.13**	2**	0.25ns	9.23**	176.25**	0.001ns	0.9**	0.01*	(error I)
<i>Error I</i>	3	0.010	0.020	0.02	0.05	0.31	2.08	8.3 ^{E-06}	0.010	0.001	
Tutorado	1	0.2**	2.21**	6.13**	0.85**	6.84ns	7.7ns	3.2^{E-03**}	0.32**	0.07**	(error II)
<i>Error II</i>	3	0.005	0.003	0.02	0.01	1.63	1.54	5.8 ^{E-05}	0.010	0.000	
Cobertura*Tutorado	1	0.03ns	0.0012ns	0.01ns	0.55ns	3.68ns	39.83**	0.001ns	0.39**	0.01**	(error III)
<i>Error III</i>	3	0.003	0.010	0.02	0.23	0.41	0.06	2.5 ^{E-05}	0.002	0.000	
Biofert	1	0.01ns	0.01ns	0.02ns	1.71**	12.09**	2.82ns	0.01**	0.81**	0.03**	
Cobertura*Biofert	1	0.23**	0.04ns	0.36**	0.72*	5.95**	74.12**	1.2^{E-05}ns	0.004ns	0.001ns	
Tutorado*Biofert	1	0.11**	0.02ns	0.55**	0.01ns	12.89**	133.25**	6.1^{E-04*}	0.26**	0.002ns	
Cobertura*Tutorado*Biofert	1	0.04*	2.63ns	0.08*	0.55*	3.14*	27.94**	1.2^{E-05}ns	0.01ns	0.001ns	
<i>Error residual</i>	12	0.010	0.010	0.02	0.09	0.40	2.21	8.7 ^{E-05} ns	0.010	0.001	
Total	31										
<i>Coefficiente de variación (CV%)</i>		7.2	5.2	4.6	3.0	5.2	1.0	1.2	7.6	3.3	

**(Significativo), ** (Altamente significativo), n.s. = no hay diferencias significativas; Fruto por planta, peso del fruto(kg), kg/m² rendimiento, Brix (°Bx), Frutos Rayados/m, Frutos deformes/m, dureza (kg/cm³), diámetro (mm), NDVI (índice de vegetación diferencial normalizado,) Biomasa kg/m², % hum (porcentaje de humedad), %Ms (porcentaje de materia seca), MS (g/m²) porcentaje de materia seca en metros cuadrados, IC (índice de cosecha).*

3.1.1 Efecto cobertura

En el efecto cobertura, el suelo sin acolchado plástico presentó rendimientos más altos con 3 kg/m², mientras que el acolchado plástico fue de 2.5 kg/m² (Cuadro 9). Este último sistema presentó menor frutos por plantas (1.2), peso del fruto (1.9 kg), diámetro(152.6mm), producción de biomasa (0.9 kg/m²), menor porcentaje de materia seca (9.9 g/m²). Esto difiere de los resultados obtenidos por Cenobio et al. (2006) donde la fruta fresca de sandía alcanzó su mayor rendimiento, cuando se desarrolló en las condiciones generadas por los tratamientos acolchados. También Larios y Orozco (2010) encontraron mayor peso de la fruta y rendimiento de toneladas por hectárea en la sandía, en la aplicación del acolchado plástico. Mientras que (Samaniego et al., 2019) en el cultivo de tomate no presentaron diferencias significativas para la variable rendimiento en el uso de acolchados y la práctica del productor, pero si un control en la repelencia de plagas y malezas de el cultivo.

Cuadro 9: Medias del rendimiento y otras características agronómicas evaluadas en el uso de acolchado o sin acolchado.

Factor		fruto/	peso/	kg/m ²	Brix (°Bx)	frutoRay	frutoDef	dureza (kg/cm ³)	diámetro (mm)	NDVI	Biomasa (kg/m ²)	%	%	MS (g/m ²)	IC
		planta	fruto (kg)			/m	/m					hum	MS		
Cobertura	Plástico	1.2	1.9	2.5	10.3	0.2	0.1	12.8	152.6	0.8	0.9	91	9	9.9	0.73
	Suelo	1.3	2.3	3	10.1	0.3	0.3	11.6	157.3	0.8	1.2	91	9.2	13.6	0.7
Promedio		1.2	2.1	2.7	10.2	0.2	0.2	12.2	155	0.8	1.1	91	9.1	11.8	0.72
desv. Estandar		0.2	0.3	0.6	0.5	0.5	0.4	1.5	4.1	0.02	0.3	1.2	1.2	3.3	0.06

Fruto por planta, peso del fruto(kg), kg/m² rendimiento, Brix(°Bx), Frutos Rayados/m, Frutos deformes/m, dureza (kg/cm³), diámetro (mm), NDVI (índice de vegetación diferencial normalizado,) Biomasa kg/m², % hum (porcentaje de humedad), %Ms (porcentaje de materia seca), MS (g/m²) porcentaje de materia seca en metros cuadrados, IC (índice de cosecha).

3.1.2 Efecto tutorado

En el (Cuadro 10), se observa que la malla tutora, presento los rendimientos más altos. El tratamiento rastrero presentó una producción de 2.3 kg/m², mientras que, el tratamiento con malla tutora produjo 3.2 kg/m², dando una diferencia de 0.9 kg/m² para el sistema de malla. Se observa que, los rendimientos fueron superiores cuando se utilizó el sistema tutorado, respecto al sistema al rastrero. Algo similar ocurre, con los resultados obtenidos por Gutiérrez et al. (2014), donde se observa que existe una alta respuesta del cultivo, al someterlo a un sistema de tutorado en malla, donde las plantas al ser distribuidas verticalmente, ya sea con rafia o malla melonera, el cultivo expresó un mayor potencial de rendimiento de frutos de mayor calidad, porque estos no quedaron en contacto directo con el piso. Adicional, el arreglo de las plantas promueve una mejor distribución de la radiación solar en el dosel vegetal, lo que se relaciona con una mayor fotosíntesis y producción de fotoasimilados, que se traduce en mayor rendimiento.

Esto, coincide con los resultados en melón, obtenidos por Banchón (2018) en donde el mayor peso de frutos (kg), corresponde al sistema de tutorado.

Cuadro 10: Medias del rendimiento y otras características agronómicas evaluadas en uso de malla o rastrero.

Factor	fruto/	peso/	kg/m ²	Brix (°Bx)	frutoRay	frutoDef	dureza (kg/cm ³)	diámetro (mm)	NDVI	Biomasa (kg/m ²)	%	%	MS (g/m ²)	IC	
	Planta	fruto (kg)			/m	/m					hum	MS			
Tutorado	Malla	1.3	2.3	3.2	10	0.1	0.3	12.6	155.5	0.81	1	91	9.4	10.7	0.76
	rastrero	1.2	1.8	2.3	10.3	0.4	0.1	11.7	154.5	0.79	1.2	91	8.8	12.9	0.67
Promedio		1.2	2.1	2.7	10.2	0.2	0.2	12.2	155	0.8	1.1	91	9.1	11.8	0.72
desv. Estándar		0.2	0.3	0.6	0.5	0.5	0.4	1.5	4.1	0.02	0.3	1.2	1.2	3.3	0.06

Fruto por planta, peso del fruto(kg), kg/m² rendimiento, Brix(°Bx), frutos rayados/m, frutos deformes/m, dureza (kg/cm³), diámetro (mm), NDVI (índice de vegetación diferencial normalizado,) Biomasa kg/m², % hum (porcentaje de humedad), %Ms (porcentaje de materia seca), MS (g/m²) porcentaje de materia seca en metros cuadrados, IC (índice de cobertura).

3.1.3 Interacción cobertura x tutorado

En el (cuadro 11), los resultados más altos se mostraron en el suelo x malla, sin presentar diferencias en rendimiento, entre los demás tratamientos. Esto, coincide con los resultados en pepino, obtenidos por Olade et al. (2014), donde el sistema de tutorado influyó en el rendimiento de frutos comerciales en la mayoría de los cortes realizados; con el tutorado (malla) se obtuvieron los mayores rendimientos respecto a la distribución de plantas en el piso (rastrero). Resultados similares a los obtenidos por Banchón (2018), en el cual el mayor peso de frutos correspondió al sistema de tutorado en promedio; en comparación al rastrero esto nos resalta las interacciones con la malla, manteniéndose proporcionando rendimientos superiores en los que se utiliza.

Cuadro 11: Medias del rendimiento y otras características agronómicas evaluadas en la interacción cobertura x tutorado.

Factor		fruto/	peso/	kg/m ²	Brix (°Bx)	frutoRay	frutoDef	dureza (kg/cm ³)	diámetro (mm)	NDVI	Biomasa (kg/m ²)	%	%	MS (g/m ²)	IC
		planta	fruto (kg)			/m	/m					hum	MS		
Cobertura	Plástico	1.2	1.9	2.5	10.3	0.2	0.1	12.8	152.6	0.8	0.9	91	9	9.9	0.73
	Suelo	1.3	2.3	3	10.1	0.3	0.3	11.6	157.3	0.8	1.2	91	9.2	13.6	0.7
Tutorado	Malla	1.3	2.3	3.2	10	0.1	0.3	12.6	155.5	0.81	1	91	9.4	10.7	0.76
	rastrero	1.2	1.8	2.3	10.3	0.4	0.1	11.7	154.5	0.79	1.2	91	8.8	12.9	0.67
Promedio		1.2	2.1	2.7	10.2	0.2	0.2	12.2	155	0.8	1.1	91	9.1	11.8	0.72
desv. Estandar		0.2	0.3	0.6	0.5	0.5	0.4	1.5	4.1	0.02	0.3	1.2	1.2	3.3	0.06

Fruto por planta, peso del fruto(kg), kg/m² rendimiento, Brix(°Bx), frutos rayados/m, frutos deformes/m, dureza (kg/cm³), diámetro (mm), NDVI (índice de vegetación diferencial normalizado,) Biomasa kg/m², % hum (porcentaje de humedad), %Ms (porcentaje de materia seca), MS (g/m²) porcentaje de materia seca en metros cuadrados, IC (índice de cosecha).

3.1.4 Efecto biofertilizante

El (cuadro 12), respecto al rendimiento en Kg/m² total, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y esto, debido a la aplicación de biofertilizantes. Algo similar ocurre, con los resultados obtenidos por Vásquez et al. (2014) en pepino; quienes evaluando el efecto de dos biofertilizantes (a base de esporas de *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter* spp., y *Bacillus* spp.) y micorriza en el rendimiento de pepino, no encontraron diferencias estadísticas entre ellos. También se manifestaron resultados similares a los encontrados por Padilla et al. (2006) dado que, el peso del fruto en melón no varió significativamente, entre el testigo sin micorrizas y los tratamientos con los tres biofertilizantes micorrizas aplicados.

Por otro lado, difiere de lo encontrado por Rodríguez et al. (2010) donde obtuvieron mayores rendimientos por hectárea en plantas de ají (*Capsicum spp*) al aplicar biofertilizantes (micorrizas) de igual forma (Carrillo et al., 2014), al utilizar inoculante micorriza fue capaz de promover una mejor calidad del fruto, aumentó los valores de longitud, diámetro y peso de fruto, manifestándose un incremento de 30% en la producción acumulada de fruto.

El aumento de biomasa coincide con los resultados en sorgo y soja, obtenidos por Bressan et al. (2001), en donde afirman que la inoculación de hongos micorriza contribuye al aumento de la materia seca, producción de granos y los contenidos de nutrientes N, P, K, Zn y Cu. También Herrera (2014), indica que las micorrizas influyen en el desarrollo de la biomasa en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*), ya que, las plantas experimentan un considerable aumento en su biomasa debido al mejoramiento de la nutrición mineral del vegetal inducido por los hongos micorríticos.

Cuadro 12: Medias del rendimiento y otras características agronómicas evaluadas en el uso de micorriza o sin micorriza

Factor		fruto/ planta	peso/ fruto (kg)	kg/m ²	Brix (°Bx)	frutoRay	frutoDef	dureza (kg/cm ³)	diámetro (mm)	NDVI	Biomasa (kg/m ²)	%	%	MS (g/m ²)	IC
						/m	/m					hum	MS		
Biofertilizante	con micorriza	1.2	2.1	2.7	10.4	0.4	0.3	11.5	155.3	0.82	1.2	91	8.9	13.5	0.69
	sin micorriza	1.3	2.1	2.7	9.9	0.1	0.1	12.8	154.7	0.78	0.9	91	9.3	10.1	0.75
Promedio		1.2	2.1	2.7	10.2	0.2	0.2	12.2	155	0.8	1.1	91	9.1	11.8	0.72
desv. Estándar		0.2	0.3	0.6	0.5	0.5	0.4	1.5	4.1	0.02	0.3	1.2	1.2	3.3	0.06

Fruto por planta, peso del fruto(kg), kg/m² rendimiento, Brix(°Bx), frutos rayados/m, frutos deformes/m, dureza (kg/cm³), diámetro (mm), NDVI (índice de vegetación diferencial normalizado,) Biomasa kg/m², % hum (porcentaje de humedad), %Ms (porcentaje de materia seca), MS (g/m²) porcentaje de materia seca en metros cuadrados, IC (índice de cosecha).

3.1.5 Interacción cobertura x biofertilizante

En el (cuadro 13), los resultados más altos se mostraron en el suelo sin micorrizas, puesto que, coincide con lo estudiado por Padilla et al. (2006) al evaluar la producción de melón, con acolchado, con polietileno negro, debido a que, identificaron que no hubo un aumento significativo con la inoculación de las micorrizas. Estos autores consideraron que, el bajo nivel de inóculo utilizado (30 g/planta) al momento de la siembra, pudo ser la causa de la poca efectividad de los hongos micorrícicos. Por tal motivo, coincide con la causa del efecto de las micorrizas en esta investigación en donde solo se aplicó (10 g/planta) y se realizó una sola aplicación al campo sin evaluar otras dosis.

Cuadro 13: Medias del rendimiento y otras características agronómicas evaluadas en la interacción cobertura x biofertilizante.

Factor		fruto/ planta	peso/ fruto (kg)	kg/m ²	Brix (°Bx)	frutoRay	frutoDef	dureza (kg/cm ³)	diámetro (mm)	NDVI	Biomasa (kg/m ²)	% hum	% MS	MS (g/m ²)	IC
						/m	/m								
Cobertura	Plástico	1.2	1.9	2.5	10.3	0.2	0.1	12.8	152.6	0.8	0.9	91	9	9.9	0.73
	Suelo	1.3	2.3	3	10.1	0.3	0.3	11.6	157.3	0.8	1.2	91	9.2	13.6	0.7
Biofertilizante	con micorriza	1.2	2.1	2.7	10.4	0.4	0.3	11.5	155.3	0.82	1.2	91	8.9	13.5	0.69
	sin micorriza	1.3	2.1	2.7	9.9	0.1	0.1	12.8	154.7	0.78	0.9	91	9.3	10.1	0.75
Promedio		1.2	2.1	2.7	10.2	0.2	0.2	12.2	155	0.8	1.1	91	9.1	11.8	0.72
desv. Estándar		0.2	0.3	0.6	0.5	0.5	0.4	1.5	4.1	0.02	0.3	1.2	1.2	3.3	0.06

Fruto por planta, peso del fruto(kg), kg/m² rendimiento, Brix (°Bx), frutos rayados/m, frutos deformes/m, dureza (kg/cm³), diámetro (mm), NDVI (índice de vegetación diferencial normalizado,) Biomasa kg/m², % hum (porcentaje de humedad), %Ms (porcentaje de materia seca), MS (g/m²) porcentaje de materia seca en metros cuadrados, IC (índice de cosecha).

3.1.6 Interacción tutorado x biofertilizante

En el (Cuadro 14), El tratamiento tutorado x sin micorrizas, presento el mayor peso de fruto, donde se observaron diferencias entre los demás tratamientos en cuanto a los rendimientos kg/m^2 , resaltando nuevamente, las interacciones con la malla que se mantiene proporcionando rendimientos superiores en los que se utiliza, cabe destacar que el peso promedio del fruto de sandía Mickylee es de 4.5 kg (Osorio et al., 2012), lo que nos indica que este es el tratamiento que más se le acerca a ese peso, indicándonos estar por debajo del peso esperado por fruto de esta variedad en esta investigación.

Cuadro 14: Medias del rendimiento y otras características agronómicas evaluadas en la interacción tutorado x biofertilizante.

Factor		fruto/	peso/	kg/m ²	Brix (°Bx)	frutoRay	frutoDef	dureza (kg/cm ³)	diámetro (mm)	NDVI	Biomasa (kg/m ²)	%	%	MS (g/m ²)	IC
		planta	fruto (kg)			/m	/m					hum	MS		
Tutorado	malla	1.3	2.3	3.2	10	0.1	0.3	12.6	155.5	0.81	1	91	9.4	10.7	0.76
	rastrero	1.2	1.8	2.3	10.3	0.4	0.1	11.7	154.5	0.79	1.2	91	8.8	12.9	0.67
Biofertilizante	con	1.2	2.1	2.7	10.4	0.4	0.3	11.5	155.3	0.82	1.2	91	8.9	13.5	0.69
	micorriza														
	sin micorriza	1.3	2.1	2.7	9.9	0.1	0.1	12.8	154.7	0.78	0.9	91	9.3	10.1	0.75
Promedio		1.2	2.1	2.7	10.2	0.2	0.2	12.2	155	0.8	1.1	91	9.1	11.8	0.72
Desv. estándar		0.2	0.3	0.6	0.5	0.5	0.4	1.5	4.1	0.02	0.3	1.2	1.2	3.3	0.06

Fruto por planta, peso del fruto(kg), kg/m^2 rendimiento, Brix(°Bx), frutos rayados/m, frutos deformes/m, dureza (kg/cm^3), diámetro (mm), NDVI (índice de vegetación diferencial normalizado,) Biomasa kg/m^2 , % hum (porcentaje de humedad), %Ms (porcentaje de materia seca), MS (g/m^2) porcentaje de materia seca en metros cuadrados, IC (índice de cosecha).

3.1.7 Interacción cobertura x tutorado x biofertilizante

Se observa en el (Cuadro 15), que en el tratamiento de suelo x malla x sin micorrizas, mostró los rendimientos más altos, presentando diferencia significativa entre los demás tratamientos, en el cual influye el tutorado en malla, donde mejoró la distribución de las guías y aprovechamiento del espacio, proporcionándole mayor captación de la radiación, beneficiando a las plantas en los procesos de fotosíntesis, lo que permite obtener mayor absorción de nutrientes y de esta manera, poder transmitirlo al fruto.

Cuadro 15: Medias del rendimiento y otras características agronómicas evaluadas en la interacción cobertura x tutorado x biofertilizante

Factor		fruto/ planta	peso/ fruto (kg)	kg/m ²	Brix (°Bx)	frutoRay	frutoDef	dureza (kg/cm ³)	diámetro (mm)	NDVI	Biomasa (kg/m ²)	%	%	MS (g/m ²)	IC
						/m	/m					hum	MS		
Cobertura	Plástico	1.2	1.9	2.5	10.3	0.2	0.1	12.8	152.6	0.8	0.9	91	9	9.9	0.73
	Suelo	1.3	2.3	3	10.1	0.3	0.3	11.6	157.3	0.8	1.2	91	9.2	13.6	0.7
Tutorado	Malla	1.3	2.3	3.2	10	0.1	0.3	12.6	155.5	0.81	1	91	9.4	10.7	0.76
	rastrero	1.2	1.8	2.3	10.3	0.4	0.1	11.7	154.5	0.79	1.2	91	8.8	12.9	0.67
Biofertilizante	con micorriza	1.2	2.1	2.7	10.4	0.4	0.3	11.5	155.3	0.82	1.2	91	8.9	13.5	0.69
	sin micorriza	1.3	2.1	2.7	9.9	0.1	0.1	12.8	154.7	0.78	0.9	91	9.3	10.1	0.75
Promedio		1.2	2.1	2.7	10.2	0.2	0.2	12.2	155	0.8	1.1	91	9.1	11.8	0.72
Desv. estándar		0.2	0.3	0.6	0.5	0.5	0.4	1.5	4.1	0.02	0.3	1.2	1.2	3.3	0.06

Fruto por planta, peso del fruto(kg), kg/m² rendimiento Brix(°Bx), frutos rayados/m, frutos deformes/m, dureza (kg/cm³), diámetro (mm), NDVI (índice de vegetación diferencial normalizado,) Biomasa kg/m², % hum (porcentaje de humedad), %Ms (porcentaje de materia seca), MS (g/m²) porcentaje de materia seca en metros cuadrados, IC (índice de cosecha)

4. Análisis estadístico no paramétrico

Kruskal-Wallis

(variables que no cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza)

4.1 Frutos rayados (frutoray/m)

En el (cuadro 16), podemos observar que los tratamientos no presentaron diferencias significativas entre ellos, esto se le atribuye al ambiente protegido en el que desarrolló el cultivo, en donde se cumplió con los protocolos establecidos en cuanto a las medidas de ingreso a la casa de vegetación, permitiéndonos tener un mayor control en la entrada de insectos plagas que puedan afectar la parte estética de la fruta, presentando niveles bajos de frutos rayados que se le atribuyen a las labores culturales, elaboradas durante el ciclo del cultivo.

Cuadro 16: Frutos rayados- prueba de kruskal-wallis, para muestras independientes (ALFA:0.05).

Factor	Hipótesis nula	significancia	Decisión
Cobertura	La distribución de <i>frutoRay/m</i> es la misma entre las categorías de cobertura	0.661ns	<i>Conserve la hipótesis nula</i>
Tutorado	La distribución de <i>frutoRay/m</i> es la misma entre las categorías de tutorado	0.136ns	<i>Conserve la hipótesis nula</i>
Biofertilizante	La distribución de <i>frutoRay/m</i> es la misma entre las categorías de biofertilizante	0.163ns	<i>Conserve la hipótesis nula</i>

4.2 Frutos deformes (*frutoDef/m*)

En el (Cuadro 17), se observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, manifestándose gran cantidad de frutos uniformes, manifestando, de manera explícita, los beneficios de realizar cultivos en este ambiente protegido, principalmente en temporadas lluviosas, donde las variaciones climáticas son difíciles de controlar, permitiéndonos ofrecerle al consumidor frutos de alta calidad.

Cuadro 17: Frutos deformes- prueba de Kruskal-wallis, para muestras independientes (alfa:0.05).

Factor	Hipótesis nula	significancia	Decisión
Cobertura	La distribución de <i>frutoDef/m</i> es la misma entre las categorías de cobertura	0.516ns	<i>Conserve la hipótesis nula</i>
Tutorado	La distribución de <i>frutoDef/m</i> es la misma entre las categorías de tutorado	0.373ns	<i>Conserve la hipótesis nula</i>
Biofertilizante	La distribución de <i>frutoDef/m</i> es la misma entre las categorías de biofertilizante	0.371ns	<i>Conserve la hipótesis nula</i>

5. Análisis de componentes principales

La (figura 6), presenta el análisis de componentes principales entre las variables de respuesta estudiadas para observar la relación que se manifiestan entre estas. Entre los dos primeros ejes del componente principal 1 y 2, explican el 90.6% de la variabilidad. El primer eje (CP1) explica el 76.1%, mientras que el segundo (CP2), explicó el 14.5%. En esta gráfica, se observa como las variables biomasa y NDVI muestran relación con el

biofertilizante demostrando así que este influye sobre el buen desarrollo del cultivo. Mientras que, las variables de rendimiento como peso por fruto, kilogramos en metros cuadrados, diámetro, fruto por planta y porcentaje de materia seca presentan relación con el tutorado en donde arreglo de las plantas promueve una mejor distribución de la radiación solar en el dosel vegetal, lo que se relaciona con una mayor fotosíntesis y producción de fotoasimilados, que se traduce en mayor rendimiento. Mientras que, el índice de cosecha no estuvo relación con las variables estudiadas lo que nos indica que no influye en el desarrollo del cultivo ni en la producción.

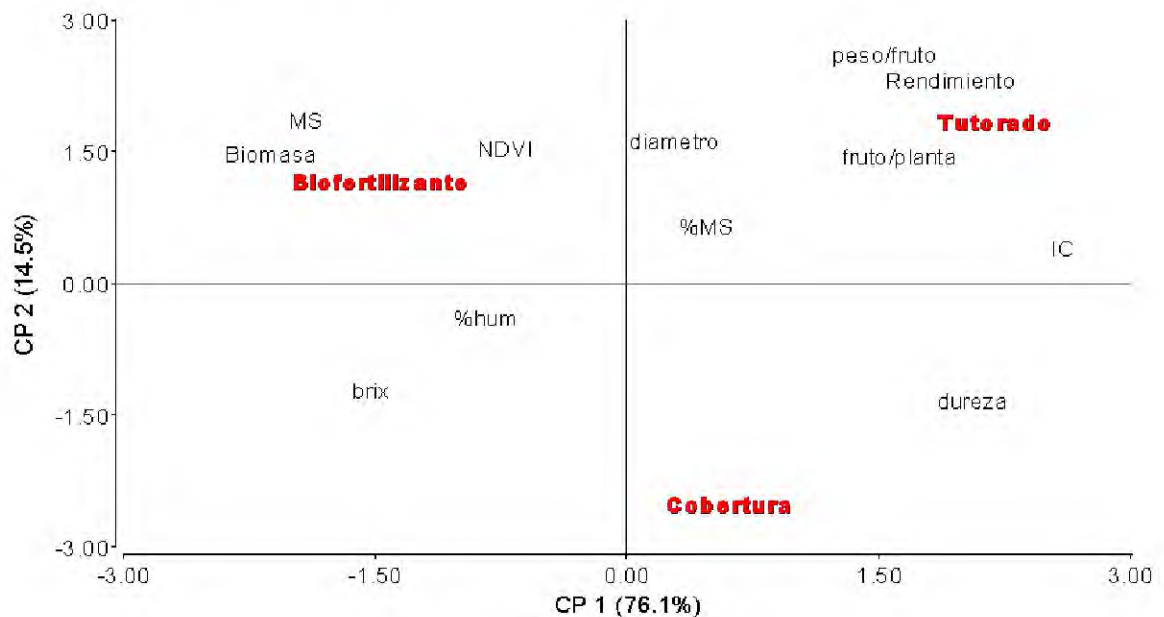


Figura 6. Análisis de componentes principales.

6. Análisis económico de presupuesto parcial

Se llevó a cabo un análisis económico de presupuesto parcial (cuadro 18), según la metodología del CIMMYT (1988), tomando como referencia el área del invernadero utilizado en el estudio (500 m²), con el precio de referencia de la sandía (*Citrullus lanatus*), en el mercado de B/. 0.55 por kg, en base al costo de los tratamientos prorrateado a 3 ciclos

de cultivo (la utilización del plástico para cobertura del suelo y las mallas para tutorado está prorrateada para utilizarlas en 3 ciclos de cultivo).

Cuadro 18: Análisis económico parcial de los tratamientos evaluados, según la metodología propuesta por (CYMMIT, 1998), en base a 500 m².

ANÁLISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL (Sandía)								
DETALLE	TRATAMIENTO							
	2	1	6	5	4	3	7	8
	A+R	A+R+M	S+R	S+R+M	A+T	A+T+M	S+T	S+T+M
Rendimiento medio (kg/500m²)	875.00	1140.00	1300.00	1250.00	1515.00	1415.00	1800.00	1590.00
Beneficio bruto (\$/ha)	481.25	627.00	715.00	687.50	833.25	778.25	990.00	874.50
Costo del tratamiento(\$/ha)	29.56	54.56	230.40	255.40	278.58	303.58	479.42	504.42
Total costos que varían (\$/ha)	29.56	54.56	230.40	255.40	278.58	303.58	479.42	504.42
Beneficio neto (\$/ha)	451.69	572.44	484.60	432.10	554.67	474.67	510.58	370.08

A+R Acolchado rastrero, A+R+M Acolchado rastrero con micorrizas, S+R Suelo rastrero, S+R+M Suelo rastrero con micorrizas, A+T Acolchado tutorado, A+T+M Acolchado tutorado con micorrizas, S+T Suelo tutorado, S+T+M Suelo tutorado con micorrizas.

Nota: el total de costos que varían entre los tratamientos se expresan para un ciclo del cultivo, ya que la utilización del plástico para cobertura del suelo y las mallas para tutorado esta prorrateada para utilizarlas en 3 ciclos de cultivo.

En el análisis económico parcial, se observa que los tratamientos con mayor costo son los que presentan tutorado (suelo+ tutorado+ micorrizas, suelo+ tutorado, acolchado+ tutorado + micorrizas, acolchado + tutorado) seguido con los tratamientos que se realizaron en suelo como (suelo+ rastrero+ micorrizas, suelo+ rastrero) y los de menor costo acolchado rastreros como (acolchado+ rastrero+ micorrizas, acolchado+ rastrero). Tomando en cuenta los rendimientos obtenidos en cada tratamiento y los costos de cada uno, se aprecia que el mejor beneficio neto se obtuvo con el tratamiento acolchado+ rastrero+ micorrizas, muy semejante al acolchado+ tutorado. En la gráfica

de la curva de beneficios netos (figura 7), la cual integra los beneficios netos con el total de los costos que varían de acuerdo con cada tratamiento, se observa que los tratamientos plástico rastrero, suelo rastrero, suelo rastrero micorrizas, plástico tutorado micorrizas, suelo tutorado y suelo tutorado micorrizas son dominados, presentando valores en la curva por debajo de los tratamientos plástico rastrero micorrizas y el plástico tutorado. En la gráfica se observa que con el tratamiento plástico rastrero micorrizas, se obtiene un beneficio neto similar al obtenido con el tratamiento plástico tutorado, con un costo menor.

El tratamiento que mayores costos variables obtuvo fue el suelo tutorado micorriza con 504.42 balboas; el de menor costos variables fue el tratamiento acolchado rastrero con 29.56 balboas; el tratamiento que obtuvo mayor beneficio neto fue acolchado rastrero micorrizas con 572.44 balboas, y el menor beneficio neto fue el tratamiento suelo tutorado micorrizas con 370.08 balboas en los 496 metros cuadrados de la casa de vegetación.

Este análisis de presupuesto parcial, indican como cambian los beneficios netos en función del cambio de una tecnología a otra. Por ejemplo, plástico x rastrero x micorriza incrementa los beneficios netos, luego hay una reducción si se compara con la producción en suelo rastrero micorriza influyendo en este último que en el suelo hay que realizar controles de malezas lo que nos incrementa los costos. Si comparamos plástico rastrero y el plástico tutorado en esta última tecnología hay un incremento en los beneficios netos debido al tutorado que ha demostrado en la mayor parte de esta investigación aumento en los rendimientos.

7. Curva de beneficios netos sandía

En la (figura 7) la curva de beneficios netos muestra la tasa de retorno Marginal que resulta de cambiar un tratamiento de menor costo por uno de mayor costo (Evans, 2017) (CIMMYT, 1988) que normalmente los productores suponen una tasa mínima de retorno aceptable no menor al 50% para tecnologías que representan ajustes sencillos en sus prácticas y de 100% cuando la tecnología recomendada es nueva (Evans, 2017).

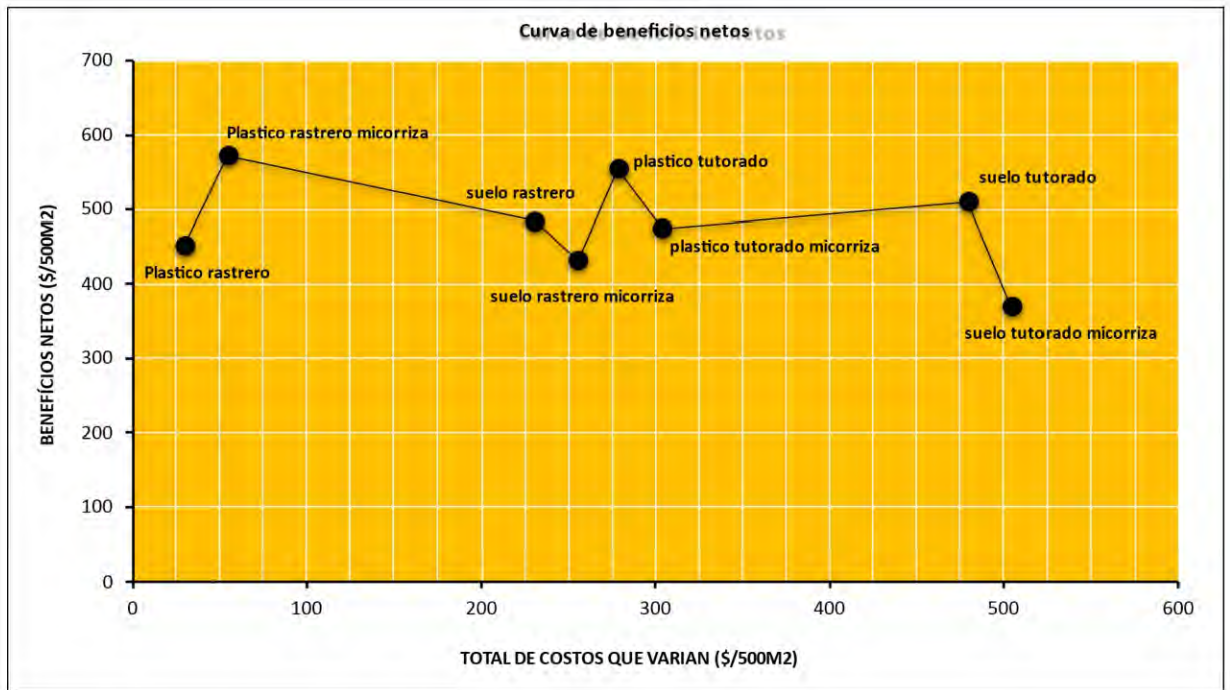


Figura 7. Curva de beneficios netos.

IV CONCLUSIONES

La práctica que mostro, los rendimientos más altos en los sistemas que se utilizó fue el tutorado, esto se debe a que permitió optimizar las condiciones del cultivo en el invernadero, aumento los rayos solares de forma indirecta, reflejándose en mayor producción de calidad.

La polinización con abeja contribuyó, en gran medida, al mayor amarre de frutos en esta investigación, ya que, al realizarse en la estación lluviosa presento alta nubosidad, la cual, disminuyo la viabilidad del polen.

La práctica de manejo agronómico con mayor resultado, en cuanto a beneficios económicos, sobre los tratamientos evaluados fue al acolchado plástico, debido a que este nos disminuye los costos en el control de maleza.

El sistema sostenible adecuado para la producción de sandía (*Citrullus lanatus*), en ambiente protegido es el acolchado+ rastrero+ micorrizas, a pesar que sus rendimientos sean bajos nos facilita el control de malezas al utilizar plástico negro y nos evita realizar las labores culturales que representa la instalación de la malla tutora la cual nos beneficia al disminuir el uso de mano de obra que cada día es más escasa y costosa representando menor inversión al realizarlo.

Con este sistema acolchado+ rastrero+ micorrizas se obtienen altos beneficios económicos en comparación con el que mayor rendimiento se obtuvo como el sistema suelo + tutorado+ sin micorrizas, ya que, este presentó mayor costo por ende menor rentabilidad.

V RECOMENDACIONES

Realizar más investigaciones para seleccionar los sistemas adecuados y garantizar al productor estabilidad en sus inversiones sobre el manejo de esta tecnología, ya que existe muy poca información que se le pueda ofrecer al mismo y este pueda utilizar adecuadamente.

Rehabilitar las estructuras deterioradas que mantienen muchos productores sin utilizar y poder realizar cultivos fuera de temporadas que no se pueden realizar a campo abierto ya que son afectados por las variaciones climáticas impidiéndoles producir alimentos de calidad.

Promover esquemas de trabajo mancomunado entre el sector público y privado para que estas inversiones tengan el uso adecuado por parte de los agricultores y se reflejen finalmente en un sistema de producción sostenible y altamente competitivo.

VI BIBLIOGRAFÍAS

- Alas, Mauricio (2003): Estructura de costos, para la producción de hortalizas en invernaderos de la cuenca del Río Reventazón, Turrialba, Costa Rica. Trabajo de fin de carrera. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Disponible en línea en https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4118/Estructura_de_costos_para_la_produccion_de_hortalizas.pdf?sequence=1&isAllowed=y, Última comprobación el 03/09/2022.
- Banchón, Joel (2018): Evaluación y selección de cultivares híbridos de melón (*Cucumis melo* L.) en condiciones de invernadero en la zona de Puerto La Boca, Manabí. En colaboración con Julio Ortega. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí, Ecuador. Disponible en línea en <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1379/1/UNESUM-ECUA-ING.AGROPE-2018-21.pdf>, Última comprobación el 13/09/2022.
- Bressan, Wellington; Siquera, Oswaldo; Vasconcellos, Carlos; Purcino, Antonio (2001): Hongos micorrizales y fósforo en el crecimiento, rendimiento y nutrición de sorgo y soja de granos intercalados. En: *Stats on ResearchGate* v. 36, n. 2, p. 315-323, Última comprobación el 13/09/2022.
- Canales, Neyda; Medina, William (2017): Estudio preliminar del efecto de diferentes dosis y momentos de aplicación de micorrizas vesículo arbusculares (MVA), sobre el desarrollo fenológico en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) y densidades poblacionales de nematodos de suelo en el Campo Agropecuario de la UNAN-León, durante el ciclo agrícola 2008. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Disponible en línea en <https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUNANL4818>.
- Cañedo, Miguel (2015): Recepción y mantenimiento de materias primas y materiales de floristería. 5 ed. España: Editorial Elearning, Última comprobación el 21/10/2022.
- Carrillo, Manuel Alvarado; Diaz, Arturo; Peña, María. (2014): Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida*. En: *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.5 Núm.3, p. 513-518, Última comprobación el 16/11/2022.
- Cenobio, Pedro; Inzunza, Marco; Mendoza, Felipe; Sánchez, Ignacio; Román, Abel. (2006): acolchado plástico de color en sandía con riego por goteo. Terra Latinoamericana. Chapingo, México. Disponible en línea en <https://www.redalyc.org/pdf/573/57324409.pdf>, Última comprobación el 19 de octubre de 2021.
- CIMMYT (1988): La formulación de recomendaciones de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. En colaboración con Jock Anderson und Richard Perrin (Revista, 6). Disponible en línea en

- <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>, Última comprobación el 03/09/2022.
- Crawford, Humphrey (2017): Manual de Manejo Agronómico de cultivo de sandía. En colaboración con Patricio Abarca. 4229 Tomo. Chile, Última comprobación el <file:///E:/02%20Manual%20Sandia.pdf>.
- Cuellar, Gabriel (1994): Tipo de siembra y acolchado en el establecimiento, crecimiento, producción y calidad del melón. Trabajo de fin de carrera. Universidad Autónoma de Nuevo León, Marín, Nuevo León. Disponible en línea en <http://eprints.uanl.mx/291/1/1080061712.PDF>, Última comprobación el 03/09/2022.
- Evans, Edward (2017): Análisis Marginal: Un procedimiento económico para seleccionar tecnologías o prácticas alternativas. 3 ed. Florida: Food and Resource Economics (Revista).
- Gaitán, Gabriel (2016): Climatización de invernaderos en climas cálidos. edit. por HortiCultivos. México (Revista). Disponible en línea en <https://www.horticultivos.com/agricultura-protégida/invernaderos/climatizacion-de-invernaderos-en-climas-calidos/>, Última comprobación el 10 de mayo de 2022.
- Garzón, Lina (2016): Importancia de las micorrizas arbusculares (ma) para un uso sostenible del suelo en la amazonia colombiana. 42, enero-Julio. edit. por Revista Luna Azul. Universidad de Caldas. Bogotá, Colombia. Disponible en línea en <https://repositorio.ucaldas.edu.co/handle/ucaldas/14710>, Última comprobación el 19 de octubre de 2021.
- González, Rosita (2011): Evaluación del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L) variedad Mickey Lee utilizando sustratos mejorados y determinación de los coeficientes “Kc” y “Ky”, bajo riego. En colaboración con Miguel Ríos, Emilio Marrero und Arnoldo. Rodríguez. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. Disponible en línea en <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01g643s.pdf>, Última comprobación el 19 de octubre de 2021.
- Gutiérrez, Natalia; Casimiro, Inés; Aguilar, David; Fernández, María; Torres, Ana (2020): Guía de Cultivo de Sandía al Aire Libre. Trabajo de fin de carrera, Córdoba, España. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Disponible en línea en <file:///C:/Users/usuario1/Downloads/Guia%20de%20cultivo%20de%20sand%C3%ADa%20al%20aire%20libre.pdf>, Última comprobación el 03/09/2022.
- Gutiérrez, Víctor; Lagunas, Ángel; Román, Evaristo; Serna, Jo. (2014): El sistema de tutorado y poda sobre el rendimiento de pepino en ambiente protegido. Colegio Superior Agropecuario. México. Disponible en línea en <https://www.thefreelibrary.com/Tutoring+system+and+pruning+on+the+yield+of+cucumber+in+a+controlled...-a0425349421>, Última comprobación el 19 de octubre de 2021.

- Jaramillo, Jorge; Rodríguez, Viviana; Gil, Luis (2012): Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. 1000 Tomo. Colombia.
- Larios, Farias; Orozco, Santos. (2010): Efecto del color del acolchado de polietileno sobre las poblaciones de pulgones, la temperatura del suelo, la calidad de la fruta y el rendimiento de la sandía en condiciones tropicales. New Zealand. Disponible en línea en <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/01140671.1997.9514028?needAccess=true>, Última comprobación el 19 de octubre de 2021.
- Lenscak, Mario; Iglesias, Norma (2019): Invernaderos Tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino (del paralelo 23 al 54). INTA Ediciones. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Presidencia de la Nación. Argentina. Disponible en línea en https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_invernaderos.pdf, Última comprobación el 19 de octubre de 2021.
- López, Sayani (2010): Estudio de las propiedades ópticas de malla sombra de color sobre el cultivo de tomate y otros cultivos hortícolas. tesis. Centro de investigación química aplicada., México, Última comprobación el 21 septiembre de 2022.
- Lozano, Silvia (ed.) (2019): Mantenimiento y manejo de invernaderos. (14/01/2019). España: Editorial Elearning. Disponible en línea en UF0016 - Mantenimiento y manejo de invernaderos - Silvia Lozano García - Google Libros, Última comprobación el 04/10/2022.
- Mármol, José (2000): Cultivo Intensivo de la Sandía. edit. por Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España.
- Martínez, César; Ortíz, Cindy; Maequínez, Liliam; Barría, Maika (2021): Innovaciones para la horticultura en ambiente de zonas tropicales: opción intensificación sostenible de la agricultura familiar en el contexto del cambio climático en América latina y en el caribe. En colaboración con Glenni López, José Romer und Leocadia Sánchez. edit. por Fontagro. AGROSAVIA; IDIAP; INTA; IDIAF. América Latina, El Caribe, España. Disponible en línea en https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16343_-_Producto_1.pdf, Última comprobación el 09/09/2022.
- MIDA (2017-2018): Comparativo de la actividad agrícola en treinta y dos (32) rubros de mayor impacto en la economía nacional. Ministerio de Desarrollo Agropecuario. Panamá. Disponible en línea en <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2020/05/Cierre-Agr%C3%ADcola-2017-2018-1.pdf?csrt=8868969199369501954>, Última comprobación el 14/04/2022.
- MIDA (2019; 2020): Cierre Agrícola. Ministerio de Desarrollo Agropecuario. Panamá. Disponible en línea en https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2021/03/cierre_agricola-2020.pdf?csrt=911009857566711802, Última comprobación el 03/09/2022.

- Miranda, C. (2011): Comprobación de supuestos de normalidad, homogeneidad y Varianzas, Última comprobación el 16/11/2022.
- Moroto, Álvarez; Alcaraz, Javier; Ruíz, Rubén (2002): Investigación Operativa. Modelos y Técnicas de Optimización. 1 ed. edit. por Universidad Politécnica de Valencia. España (Revista).
- Nieto, Enrique; Braly, Isabelle Cartillier (eds.) (2019): Agricultura protegida en México. Elaboración de la metodología para el Primer bono verde agrícola certificado. En colaboración con Lawrence Pratt und Juan Manuel Ortega. Banco Interamericano de Desarrollo. México.
- Olade, Víctor; Mastache, Ángel; Román, Evaristo (2014): El sistema de tutorado y poda sobre el rendimiento de pepino en ambiente protegido. VOL. 39 N° 10, Última comprobación el 13/09/2022.
- Osorio, Nelson; González, Raúl; Guerra, José; Aguilera, Vidal (2012): Manejo Integral del Cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*). Instituto de Investigación Agropecuaria. Panamá. Disponible en línea en <https://es.scribd.com/document/378476891/Manejo-Integral-de-Cultivo-de-Sandadia>, Última comprobación el 03/09/2022.
- Pacheco, José (2006): Producción de hortalizas bajo invernadero. edit. por C. Fundación Produce Sinaloa A. Sinaloa, México.
- Padilla, Erik; Esqueda, Martín; Sánchez, Alfonso; Troncoso, Rosalba; Sánchez, Alberto. (2006): EFECTO DE BIOFERTILIZANTES EN CULTIVO DE MELÓN CON ACOLCHADO PLÁSTICO. Chapingo, México. Disponible en línea en <https://www.redalyc.org/pdf/610/61029407.pdf>, Última comprobación el 19 de octubre de 2021.
- Peñarrieta, Lucía (2015): Producción de Sandía (*Citrullus Lanatus*) con dos Sistemas de Tutorado. Universidad Técnica de Cotopaxi, La Mana.
- Portillo, Marco Antonio (2006): Manual de Agricultura Protegida. Los 5 pilares. Disponible en línea en 2006). https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2953/1/213135_0339., Última comprobación el 15/04/2022.
- Ramírez, Carlos (2020): Horticultura protegida. Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. ¿Disponible en línea en https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/13220/Red_colaboraci%C3%B3n_en_horticultura...pdf?sequence=1&isAllowed=y, Última comprobación el 14/04/2022.
- Ramírez, Carlos; Nienhuis, James (2012): Cultivo protegido de hortalizas en Costa Rica Ingeniero agrónomo. Escuela de Agronomía, Tecnológico de Costa Rica, sede San Carlos. Teléfono: 2401-3049. Correo electrónico: caramirez@itcr.ac.cr Profesor, Departamento de Horticultura, Universidad de Wisconsin. Correo electrónico:

- nienhuis@wisc.edu Ramírez, C; Cultivo protegido de hortalizas en Costa Rica, pág. 10–20.
- Reche, José (1996): Poda de hortalizas en invernadero (calabacín, melón, pepino y sandía).
- Rodríguez, Claudia; Valencia, Luis; Peña, Juan (2018): Aplicación de las TI's a la Cadena de Valor Agrícola para Productores de Agricultura Protegida. edit. por Tecnología en marcha. México.
- Rodríguez, Edgar; Bolaños, Martha; Menjivar, Juan. (2010): Efecto de la fertilización en la nutrición y rendimiento de ají (*Capsicum spp.*) en el Valle del Cauca, Colombia. edit. por Acta Agronómica. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. Disponible en línea en <https://www.redalyc.org/pdf/1699/169916223005.pdf>, Última comprobación el 19 de octubre de 2021.
- Rojas, Usbeica (2015): La Agricultura protegida de pequeña escala, como una alternativa de producción agrícola y seguridad alimentaria para la zona de Somoto, Nicaragua. Trabajo de fin de carrera, Turrialba, Costa Rica. Disponible en línea en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8502>, Última comprobación el 03/09/2022.
- Ruiz, José Ariel; Medina, Guillermo; González, Irma; Flores, Hugo; Ramírez, Gabriela; Ortiz, Ceferino et al. (eds.) (2013): Requerimientos agroecológicos de cultivos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564 p. INIFAP. Libro Técnico Núm. 3, México: Talleres Gráficos de Prometo Editores, S. A. de C.V. Libertad 1457, Col. Americana, Guadalajara, Jalisco. CP. 44160. Disponible en línea en [esearchgate.net/profile/Jose-Ruiz-Corral/publication/343047223_REQUERIMIENTOS_AGROECOLOGICOS_DE_CULTIVOS_2da_Edicion/links/5f1310e04585151299a4c447/REQUERIMIENTOS-AGROECOLOGICOS-DE-CULTIVOS-2da-Edicion.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ruiz-Corral/publication/343047223_REQUERIMIENTOS_AGROECOLOGICOS_DE_CULTIVOS_2da_Edicion/links/5f1310e04585151299a4c447/REQUERIMIENTOS-AGROECOLOGICOS-DE-CULTIVOS-2da-Edicion.pdf), Última comprobación el 22/11/2022.
- Samaniego, Rubén; Barahona, Luis; Villarreal, Nilsa; Guerra M, José A.; Castillo, Gustavo (2019): Evaluación de diferentes tipos de acolchado plástico en el cultivo de tomate industrial, Última comprobación el 21/10/2022.
- Soto, Félix; Soto; Julián (2017): Rendimiento y calidad de once híbridos de sandía (*Citrillus lanatus*) bajo las condiciones de la Molina”. Tesis. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.
- Vásquez, Santiago; Saldivar Lira, Ricardo; Ibarra Jiménez, Luis. (2014): plástico en condiciones de casa sombra. edit. por RIIIT. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Toajula. México. Disponible en línea en https://www.researchgate.net/publication/269706693_respuestas_del_pepino_a_la_fertilizacion_biologica_y_mineral_con_y_sin_acolchado_plastico_en_condiciones_de_casa_sombra, última comprobación el 19 de octubre de 2021.

Villa, Magdalena; Inzunza, Marco; Catalán, Ernesto (2001): Zonificación agroecológica de hortalizas involucrando grados de riesgo. En: *Terra Latinoamericana*, Publicado en Terra 19: 1-7., Última comprobación el 13/09/2022.

Yáñez, Elicet; López, pilar; Benítez, Vianca (2020): Informe de las condiciones meteorológicas generadas por la influencia indirecta del huracán Eta del 29 de octubre al 4 de noviembre de 2020 y del huracán Iota del 08 de noviembre al 18 de noviembre de 2020 sobre Panamá. En: *La Empresa de Trasmisión Eléctrica, S.A.*

1. Firma del estudiante

_____ Fecha _____

2. Refrendo del Director de la Tesis

_____ Fecha _____

3. Refrendo del Coordinador (a) del Programa y/o Director (a) de Investigación y Postgrado de la Unidad Académica.

_____ Fecha _____