



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA
CARRERA DE BIOLOGÍA**

Unidad de Investigación en Ecología Vegetal

**EFFECTO DE LA COBERTURA DE RASTROJO EN EL
RENDIMIENTO DEL TOMATE CHERRY BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIOLOGA

PRESENTA:
PERLA NAYELLI CRUZ MARTÍNEZ

JURADO DE EXAMEN

Directora: Dra. María Socorro Orozco Almanza
Asesor: Dr. Arcadio Monroy Ata
Asesora: M. en. C. María Magdalena Ordóñez Reséndiz
Sinodal: Dr. Gerardo Cruz Flores
Sinodal: Biol. Juan Romero Arredondo

Investigación realizada con financiamiento del PAPIIME

PE 204823

Ciudad de México, 09 de agosto de 2024.





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria

A mis padres Antonio e Irma, que siempre me apoyaron y cuidaron en todos los aspectos de mi vida y me dieron la oportunidad de tener una carrera, a mi hermana Fabiola, que siempre me ayuda en lo que puede. A mis padrinos Francisco y Herlinda, que han significado unos padres para mi, apoyando y cuidandome siempre. A mi tía Antonia, que siempre ha sido una abuela para mi, creyendo en mi. A mi pareja Omar, que siempre me apoya en lo que puede y confía en mi. A todos los mencionados, gracias por darme su amor y sobre todo, siempre creer en mi, este logro también es suyo.

Agradecimientos

Quiero agradecer principalmente a mis padres, Antonio e Irma, que siempre me cuidan y me quieren, dándome la oportunidad de estudiar la carrera, apoyando siempre, gracias por su esfuerzo. A mis padrinos, Francisco y Herlinda, que son como unos padres para mi, y siempre me han cuidado y querido como a una hija, siempre me han ayudado y sin su apoyo yo no podría haber terminado mi carrera, gracias por todo. A mi hermana, Fabiola, por siempre tenerme paciencia y ayudarme ayudarme en lo que puede, gracias por comprenderme. A mi tía Antonia, que siempre me ha dado cariño y atención de una abuela, desde que tengo memoria hasta el presente. A mis padrinos, Walter y Elizabeth, se que puedo contar con su apoyo, gracias por ayudarnos cuando se necesita, y por darme a mi hermana Sara, con quien nos tenemos un cariño mutuo. A la familia que confío en mi y que tendría este logro. A mi pareja Omar, por siempre comprenderme y motivarme para que no me rendiera, además de siempre alegre mis días y confiar en mi.

A mi directora de tesis María Socorro Orozco, por orientarme y ayudarme, además de enseñarme cosas que en definitiva me convencieron que elegí la carrera correcta. A los profesores, Arcadio Monroy , Magdalena Ordóñez , Juan Romero y Gerardo Cruz , por su orientación para lograr que este trabajo quedara de la mejor manera posible. A la UNAM y la FES Zaragoza, por brindarme la educación universitaria.

A mis amigos Eduardo, Naye, Dani, Yadira y Areli, por hacer que mi estancia en la carrera fuera mejor, además de no dejar que me diera por vencida, realmente fueron un gran apoyo y aprecio que sean parte de mi vida, gracias por brindarme su amistad y confianza.

Pero sobre todo gracias a Dios, por darme salud y poner en mi vida las mejores personas, que iluminan mi vida, y aunque algunas personas muy importantes ya no estan, me inspiraron a ser la persona que soy, y se que me siguen cuidando.

Índice

Resumen.....	10
I. Introducción.....	12
II. Marco teórico.....	14
2.1 Rastrojo, manejo y uso.....	14
2.2 Rastrojo en la agricultura.....	15
2.3 Fauna edáfica.....	16
2.4 Generalidades del tomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> var. <i>Cerasiforme</i> L. H. Bailey).....	18
2.4.1 Taxonomía.....	18
2.4.2 Descripción morfológica.....	18
2.4.3 Fenología.....	20
2.4.4 Requerimientos agroecológicos.....	21
2.5 Rendimiento agrónomico.....	22
2.6 Índice beneficio-costo.....	23
III. Antecedentes.....	24
IV. Preguntas de investigación.....	25
V. Hipótesis.....	25
VI. Objetivos.....	26
6.1 Objetivo general.....	26
6.2 Objetivos específicos.....	26
VII. Método.....	26
7.1 Zona de estudio.....	26
7.2 Tamaño de la parcela parcela para el cultivo de tomate cherry.....	27
7.3 Sustrato y composición nutrimental.....	28
7.4 Germoplasma.....	28
7.5 Siembra.....	28
7.6 Muestreo e identificación de fauna edáfica.....	29
7.7 Trasplante.....	30
7.8 Tutoros.....	31
7.9 Poda.....	32
7.10 Variables de rendimiento agronómico.....	33
7.11 Cosecha.....	35
7.12 Tasa de crecimiento relativo (TCR).....	36
7.13 Variables del crecimiento.....	36
7.14 Variables microclimáticas.....	37
7.15 Análisis de nutrientes de sustrato durante la fructificación.....	38
7.16 Medición de pH y conductividad eléctrica.....	38
7.17 Medición de grados Brix.....	38
7.18 Índice costo-beneficio.....	38
7.19 Análisis estadístico.....	38
VIII. Resultados.....	39

	8.1 Composición nutrimental del sustrato de las parcelas de cultivo.....	39
	8.2 Desarrollo del cultivo.....	40
	8.2.1 Emergencia de las plántulas.....	40
	8.2.2 Variables morfológicas.....	41
	8.3 Tasa de crecimiento relativo.....	43
	8.4 Rendimiento del tomate cherry.....	44
	8.4.1 Variables de crecimiento agronómico.....	44
	8.5 Grados Brix.....	50
	8.6 Fauna edáfica.....	51
	8.7 Índice beneficio-costo.....	59
	8.8 Variables microclimáticas.....	60
	8.8.1 Temperatura.....	60
	8.8.2 Humedad.....	61
	8.9 pH.....	62
	8.10 Conductividad eléctrica.....	63
IX.	Análisis de resultados.....	64
	9.1 Composición nutrimental del sustrato.....	64
	9.2 Variables microclimáticas.....	69
	9.2.1 Temperatura.....	69
	9.2.2 Humedad.....	70
	9.3 Características del sustrato.....	70
	9.3.1 pH.....	70
	9.3.2 Conductividad eléctrica.....	71
	9.4 Hongos patógenos.....	72
	9.5 Variables morfológica.....	73
	9.6 Tasa de rendimiento relativo.....	74
	9.7 Rendimiento agronómico.....	75
	9.8 Grados Brix.....	76
	9.9 Índice beneficio-costo.....	77
	9.10 Macrofauna del sustrato.....	78
	9.10.1 Artrópodos presentes en bocashi y rastrojo.....	78
	9.10.2 Artrópodos presentes en las parcelas del testigo y tratamiento antes del cultivo.....	79
	9.10.3 Atrópodos presentes en las parcelas del testigo y tratamiento después del cultivo.....	81
X.	Conclusiones.....	82
XI.	Referencias.....	83

Índice de cuadros

Cuadro 1. Trabajos de investigación del uso de rastrojo como cobertura de cultivos.....	24
Cuadro 2. Distribución de las plantas de tomate cherry en las parcelas y composición de las mismas.....	27
Cuadro 3. Grados de madurez del tomate.....	36
Cuadro 4. Composición nutrimental del bocashi y de los sustratos de la parcela testigo y tratamiento, antes y después del cultivo.....	39
Cuadro 5. Composición nutrimental de macronutrientes, correspondiente a bocashi, sustrato antes y después del cultivo testigo y tratamiento.....	40
Cuadro 6. Composición nutrimental de micronutrientes, correspondiente a bocashi, sustrato antes y después del cultivo testigo y tratamiento.....	40
Cuadro 7. Composición química, correspondiente a bocashi , sustrato antes y después del cultivo testigo y tratamiento.....	40
Cuadro 8. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) promedio del cultivo testigo y del cultivo de tratamiento.....	43
Cuadro 9. Tiempo medio de floración en antesis en el cultivo testigo y el cultivo de tratamiento con cobertura de rastrojo.....	44
Cuadro 10. Tiempo medio de fructificación en antesis en el cultivo testigo y el cultivo de tratamiento con cobertura de rastrojo.....	46
Cuadro 11. Artrópodos presentes en bocashi y rastrojo.....	51
Cuadro 12. Función de los organismos encontrados en bocashi y rastrojo.....	51
Cuadro 13. Índice de Margalef en bocashi y rastrojo.....	52
Cuadro 14. Artrópodos presentes en la parcela del testigo antes del cultivo de tomate cherry.....	53
Cuadro 15. Organismos (artrópodos y anélidos) presentes en la parcela del tratamiento con cobertura de rastrojo antes del cultivo de tomate cherry.....	53
Cuadro 16. Función de los organismos encontrados en el testigo y tratamiento con cobertura de rastrojo, antes del cultivo de tomate cherry.....	54
Cuadro 17. Índice de diversidad de Margalef en las parcelas (testigo y tratamiento con cobertura de rastrojo) antes del cultivo de tomate cherry.....	55
Cuadro 18. Organismos (artrópodos y anélidos) presentes en la parcela del testigo después del cultivo de tomate cherry.....	56
Cuadro 19. Organismos (artrópodos y anélidos) presentes en la parcela del tratamiento con cobertura de rastrojo después del cultivo de tomate cherry.....	57
Cuadro 20. Función de los organismos encontrados en el testigo y tratamiento con cobertura de rastrojo, después del cultivo de tomate cherry.....	58
Cuadro 21. Índice de diversidad de Margalef en las parcelas (testigo y tratamiento con cobertura de rastrojo) después del cultivo de tomate cherry.....	59

Cuadro 22. Costo de producción del cultivo de tomate cherry bajo condiciones de invernadero..	59
Cuadro 23. Costo de producción del cultivo de tratamiento con coberuta de rastrojo de tomate cherry bajo condiciones de invernadero.....	59
Cuadro 24. Beneficio de la producción del cultivo de tomate cherry bajo condiciones de invernadero.....	60
Cuadro 25. Índice costo-beneficio del cultivo de tomate cherry bajo condiciones de invernadero.....	60

Índice de figuras

Figura 1. Disposición de las plantas de tomate cherry dentro del invernadero.....	27
Figura 2. Trasplante de plantas de tomate cherry a bolsas.....	30
Figura 3. Trasplante a tres bolillo o de siembra cercana en las parcelas dentro del invernadero..	31
Figura 4. Colocación de tutores en plantas de tomate cherry.....	32
Figura 5. Tiempo medio de floración en plantas de tomate cherry.....	33
Figura 6. Tiempo medio de fructificación en plantas de tomate cherry.....	34
Figura 7. Grado de madurez del tomate.....	36
Figura 8. Porcentaje de emergencia de las semillas de tomate cherry en el semillero.....	41
Figura 9. Altura promedio de las plantas de tomate cherry, bajo condiciones de invernadero.....	41
Figura 10. Diámetro promedio del tallo de las plantas de tomate cherry, bajo condiciones de invernadero.....	42
Figura 11. Cobertura promedio de las plantas de tomate cherry, bajo condiciones de invernadero.....	43
Figura 12. Número promedio de flores por racimo de las plantas de tomate, bajo condiciones de invernadero.....	45
Figura 13. Número promedio de racimos con flores en el cultivo testigo y del tratamiento con cobertura de rastrojo.....	45
Figura 14. Racimos de tomate cherry.....	46
Figura 15. Número de frutos por racimo de las plantas de tomate cherry, bajo condiciones de invernadero.....	47
Figura 16. Número de frutos por planta en el cultivo testigo y del tratamiento con cobertura de rastrojo.....	48
Figura 17. Rendimiento en peso por racimo de las plantas de tomate cherry, bajo condiciones de invernadero.....	48
Figura 18. Rendimiento en peso por área, en plantas de tomate cherry bajo condiciones de invernadero.....	49
Figura 19. Rendimiento total en peso de los frutos, en planta de tomate cherry bajo condiciones de invernadero.....	50
Figura 20. Grados Brix de los frutos en el cultivo testigo y del tratamiento con cobertura de rastrojo.....	50
Figura 21. Temperatura del invernadero de cultivo de tomate cherry en testigo y tratamiento con cobertura de rastrojo.....	61
Figura 22. Humedad del invernadero de cultivo de tomate cherry en testigo y tratamiento con cobertura de rastrojo.....	61
Figura 23. Cultivo testigo y tratamiento con cobertura de rastrojo de tomate cherry con hongo	

<i>Fusarium oxysporum</i>	62
Figura 24. pH en el sustrato del cultivo testigo y del tratamiento con cobertura de rastrojo.....	63
Figura 25. Conductividad eléctrica del sustrato del cultivo testigo y del tratamiento con cobertura de rastrojo.....	64
Figura 26. Disponibilidad de los elementos nutrimentales del suelo con respecto al pH.....	71

Resumen

Una alternativa para no impactar la estructura física y biológica del suelo de cultivo es la práctica de utilizar coberturas muertas de diferentes rastrojos, esta práctica consiste en la protección de la capa superficial del suelo con cualquier cubierta compuesta por material seco remanente de las cosechas de gramíneas, consiguiendo proteger la estructura superficial del suelo y su microbiología. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la cobertura de rastrojo de cebada, en el rendimiento del tomate cherry bajo condiciones de invernadero, así como su relación con la riqueza de grupos funcionales de la fauna edáfica.

El estudio se realizó en el Centro de Capacitación en Agricultura Orgánica “Chimalxochipan” ubicado en el Campo 2 de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, en donde se llevó a cabo la siembra de semillas orgánicas de tomate cherry, trasplantando posteriormente las plantas de entre veinticinco y treinta días de edas a un invernadero, nueve plantas para el cultivo testigo y nueve para el cultivo con tratamiento (cobertura de rastrojo). Al inicio y al final del experimento se determinó la composición nutrimental del sustrato del tratamiento y del testigo y se identificó la macrofauna presente en ellos. En las plantas de tomate se evaluaron quincenalmente las variables morfológicas: altura, cobertura y tasa de crecimiento relativo (TCR); tiempo medio de floración en anthesis, número de flores/racimo, número de racimos/planta y tiempo medio de fructificación y variables de rendimiento: número de frutos/racimo, número de frutos/planta, rendimiento en peso/racimo, rendimiento en peso/área y rendimiento en peso total. También se registraron variables microclimáticas como temperatura y humedad relativa; edáficas: pH y conductividad eléctrica. Se midieron los grados brix de los frutos de ambos tratamientos. Las variables se analizaron estadísticamente con una prueba t Student para analizar las diferencias entre los tratamientos y se evaluaron los costos de producción para obtener el índice beneficio-costo de ambos tratamientos.

Los resultados mostraron que el sustrato del tratamiento con cubierta de rastrojo mantuvo la diversidad de la macrofauna, presentando una mejor degradación de la materia orgánica y como consecuencia una mejor nutrición para las plantas de tomate cherry que el testigo. La macrofauna, tanto del tratamiento como del testigo, presentó diferentes clases de artrópodos y solo una clase de anélidos. El índice de Margalef indicó una baja diversidad en ambos cultivos. Las variables de crecimiento así como los grados brix de los frutos no presentaron diferencias estadísticas significativas, entre los tratamientos, pero el rendimiento en el tratamiento se incrementó en un 18.34% en relación con el testigo. El índice costo-beneficio para el tratamiento y el testigo resultaron rentables económicamente.

Se concluye que el efecto de una cobertura de rastrojo en el sustrato del tomate cherry aumentó el rendimiento y es rentable económicamente. La macrofauna presente tanto en el testigo como en el tratamiento, presentó organismos descomponedores de materia orgánica y formadores del suelo (colémbolos, lombrices de tierra, isópodos y dermápteros); sin embargo, en el cultivo con tratamiento, se registraron además artrópodos controladores de plagas potenciales (arácnidos, polidésmidos y anfípodos), así como diplópodos que favorecen la disponibilidad de nitrógeno, mejorando así el crecimiento de las plantas de tomate cherry.

I. Introducción

México es el principal proveedor de tomate a nivel mundial, con una participación en el mercado internacional de 25.11% del valor de las exportaciones mundiales. A pesar de que durante el periodo 2003-2016 se experimentó una reducción en la superficie sembrada, presentó un crecimiento acumulado en la producción (54.25%) y en las exportaciones en fresco (77.87%), convirtiéndolo en uno de los cultivos con mayor incremento en productividad. Los diferentes tipos de tomate que se producen y demandan principalmente en México son Saladette (el que más se produce con diferencia), Bola, Racimo, Campari y Cherry (SAGARPA, 2017).

Lycopersicon esculentum var. *cerasiforme* L. H. Bailey, comúnmente conocido como jitomate cherry, tomate cherry o jitomate cereza es una planta dicotiledónea y herbácea perenne, que se cultiva en forma anual (Cestoni *et al.*, 2006). Presenta frutos de color rojo y con forma redonda. El peso promedio del fruto ronda los 15 g, la producción es de 6.3 kg/planta y se destaca dentro de cultivos familiares (López, 2016). A su vez, la producción orgánica nacional de tomate cherry en el 2003, se llevó a cabo en 402 ha con rendimientos promedio de 3.05 t·ha⁻¹, con un precio 3.31 veces mayor que el convencional (Márquez *et al.*, 2006).

En el contexto productivo del jitomate en México en el 2016, se tiene registró que, de las 51,861 hectáreas sembradas, el 95.70% de la superficie se encontraba mecanizada, 73.26% contaba con tecnología aplicada a la sanidad vegetal, y el 76.62% contaba con asistencia técnica (SAGARPA, 2017). Todas estas prácticas están dirigidas a mejorar el rendimiento del jitomate, sin embargo cada una de ellas puede tener un efecto negativo en la productividad del suelo, por ejemplo, la mecanización que es una de las prácticas de cultivo más comunes, puede provocar erosión y contaminación del mismo, así como la pérdida de su fertilidad, ya que con la mecanización se utiliza la aplicación de herbicidas para controlar las malezas (Alvarado, 2006).

Una alternativa para no impactar la estructura física y biológica del suelo de cultivo es la práctica de utilizar coberturas muertas de diferentes rastrojos antes de comenzar con el cultivo. Esta práctica consiste en la protección de la capa superficial del suelo con cualquier cubierta compuesta por material seco remanente de las cosechas de gramíneas como el sorgo, avena, trigo, entre otros, consiguiendo proteger la estructura superficial del suelo y su microbiología, frente al impacto de las gotas de agua de lluvia, además de evitar los cambios bruscos de temperatura entre el día y la noche, mejora la tasa de infiltración, las pérdidas por escorrentía, la erosión, y reduce el crecimiento de hierbas no deseadas (López, 2015). La cobertura del suelo con material orgánico tiene el propósito de proteger y mejorar eventualmente el cultivo ya que proporciona nutrientes a las plantas, mantiene una estructura favorable, humedad uniforme, impide la propagación de arvenses dentro del cultivo (Morales, 2011), mantiene la actividad de los microorganismos que tienen una función importante en la fertilidad, reciclaje de nutrientes, evolución, estructura y conservación del suelo (Reyes y Valery, 2007).

La artrópodo-fauna edáfica refleja las condiciones de la vegetación y el estado del funcionamiento del suelo y, por lo tanto, su estudio es útil como herramienta de evaluación de la sustentabilidad de suelos cultivados. Ácaros oribátidos y hexápodos colémbolos (mesofauna); así como, coleópteros y arañas (macrofauna) son grupos permanentes, abundantes y diversos en estos sistemas. Son organismos esenciales para el funcionamiento del suelo porque regulan y participan en distintas etapas del proceso de descomposición. Además, muchas de las relaciones que establecen los microorganismos del suelo pudieran beneficiar a la planta cuando ocurren en la zona próxima a sus raíces (rizósfera) (Kloepper, 1994). La presencia de microorganismos benéficos alrededor de la raíz establece y acelera procesos bioquímicos que influyen sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, lo que está asociado con un incremento de elementos químicos disponibles y la producción de sustancias de crecimiento o de control de patógenos. De allí que la diversidad y densidad de microorganismos sean indicadores de interés en el estudio de la calidad y sostenibilidad de los ambientes terrestres. Los microorganismos no

están distribuidos de manera uniforme en el suelo debido al mosaico discontinuo de microambientes, donde los favorables para el desarrollo microbiano se caracterizan por su limitada extensión en el espacio y el tiempo (Reyes y Valery, 2007).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la cobertura de rastrojo en el rendimiento del tomate cherry bajo condiciones de invernadero así como su relación con la riqueza de grupos funcionales de la fauna edáfica.

II. II. Marco teórico

2.1 Rastrojo manejo y uso

Los residuos de cosecha, llamados también rastrojos, esquilmos, pajas, zacate, pastura, clazol y basura postcosecha son subproductos derivados de las actividades agrícolas, y se les considera como la porción del cultivo cosechado (hojas, tallos, espigas y brácteas), que queda después de extraer el grano de muchos cereales (SAGARPA, 2009; Shanahan *et al.*, 2010).

En México, la mayor producción de rastrojos se obtiene principalmente de los cereales y está asociada directamente con la producción de grano, por lo que, a medida que aumenta la cantidad producida de granos para satisfacer la demanda alimenticia de la población, se incrementa la disponibilidad de estos residuos (Macedo, 2000).

Se estima que por cada kilogramo de grano producido se obtiene 1 kg de residuo (Macedo, 2000; Muñoz, 2011). El rendimiento de rastrojo en la producción agrícola depende de diversos factores, como son: tipo de suelo, clima, manejo agronómico, disponibilidad de agua y variedades sembradas (Ramírez y Volke, 1999; Luna, 2010).

Los rastrojos, al ser un subproducto de la producción de granos, comparten diversas características asociadas al cultivo del cual se derivan. Estas características o

variables son: la superficie destinada a la producción y la modalidad hídrica, entre otras condiciones y determinantes que afectan el rendimiento de los cultivos (Reyes *et al.*, 2013).

De acuerdo con varios autores (Ekboir, 2001; Eyhorn *et al.*, 2002; Alapin, 2008; Correa, 2008), los rastrojos o residuos de cosecha de cultivos agrícolas, principalmente de granos, tienen dos usos fundamentales: a) constituyen un insumo para la alimentación de rumiantes, ya sea en pastoreo directo; o bien, cortado, picado y empacado, suministrado como suplemento en la dieta de los animales (Correa, 2008), y b) son la principal fuente de cobertura del suelo en la agricultura en laderas y es una de las tecnologías más efectivas para regular la humedad y temperatura del mismo, amortiguar la erosión hídrica, controlar la maleza y aportar materia orgánica (MO) y nutrientes al suelo (Eyhorn *et al.*, 2002).

2.2 Rastrojo en la agricultura

Se ha comprobado que la adición de residuos al suelo produce efectos benéficos sobre algunas de sus propiedades, como son la capacidad de retención hídrica y el intercambio catiónico, y por consiguiente, se logra la disminución del riego en posteriores etapas de cultivo (Cegarra *et al.*, 1983), así como mantener la calidad y salud del suelo (Hellin y Haigh, 2002; Govaerts *et al.*, 2006). Se considera que una cobertura del 30% del suelo puede reducir la erosión hídrica en un 80% (Reyes *et al.*, 2013).

El rastrojo es un recurso que puede ser empleado para proteger el suelo del impacto de la precipitación erosiva y la consiguiente escorrentía. Las prácticas de retención del rastrojo son recomendadas por las autoridades para conservación de suelos como un componente importante de un programa de manejo de suelo. Esto no implica la retención de altas cantidades de rastrojo, sino solamente las suficientes para la función de proteger el suelo (Pérez y Lafarga 2008).

Una cantidad modesta de 2 a 3 Ton/ha de rastrojo de trigo proporciona una protección sustancial contra la erosión. Una retención modesta del rastrojo que resulte en un 30% de cubrimiento del terreno proporciona una importante protección del suelo. El rastrojo intacto frena el agua de escorrentía, permitiendo una mejor infiltración en el suelo y una menor pérdida del mismo (Pérez y Lafarga 2008).

Las gramíneas aportan al suelo importantes cantidades de rastrojo con alta relación carbono/nitrógeno (C/N) que favorece la formación de carbono (C) orgánico, mientras que los residuos de las oleaginosas, con menor relación C/N, provocan una aceleración de la descomposición y su contribución es menor. Este aporte de rastrojos es uno de los factores más importantes que influyen sobre el balance de C orgánico del suelo, afectando sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Está comprobada la relación que existe entre la cantidad de residuos de gramíneas y los niveles de materia orgánica de los suelos. Esto no sucede con los residuos de las oleaginosas, los cuales no responden de la misma manera debido a su escaso aporte de C (Forján y Manso, 2018).

En Davis, California se hizo una comparación de cultivos de cobertura con cebada comparados con un tratamiento de barbecho durante el invierno, dónde se demostró que la tasa de infiltración aumentó en un 60% (Miller, 1996).

2.3 Fauna edáfica

La fauna edáfica integra complejas redes tróficas contribuyendo con un amplio rango de servicios esenciales para el funcionamiento sustentable de los ecosistemas. Su composición y diversidad se relaciona con el tipo, edad, diversidad, estructura y manejo de los cultivos (Flores *et al.*, 2008). Debido a su rápida respuesta a los cambios en el hábitat, a sus ciclos de vida relativamente cortos, a su facilidad de muestreo y a su alta diversidad en sistemas agrícolas, los organismos edáficos han cobrado importancia como herramienta para evaluar el

funcionamiento y sustentabilidad del suelo (Kremen *et al.*, 1993; Gibbs y Stanton, 2001).

Entre la mesofauna, los ácaros oribátidos y los colémbolos son los artrópodos más abundantes y de mayor diversidad específica en el suelo. A través de su actividad fragmentan y transforman los restos orgánicos en residuos disponibles para los mineralizadores, dispersan bacterias y hongos, y afectan el crecimiento y la composición específica de estos últimos por consumo selectivo (Coleman *et al.*, 2004). Distintos autores han señalado su sensibilidad a las prácticas agrícolas, que se manifiesta en la reducción de su abundancia, de su diversidad y en la simplificación de su estructura comunitaria (Bedano *et al.*, 2011; Socarrás, 2013).

Entre la macrofauna, las arañas son depredadoras generalistas importantes por su abundancia, biomasa y riqueza de especies (Wise, 2006). Ocupan distintos microhábitats, consumen diferentes presas, tanto de la meso como de la macrofauna, al mismo tiempo, presentan estrategias variadas de caza, resisten la falta de alimento y la desecación; reducen y mantienen a las poblaciones de insectos que consumen los cultivos por debajo de los umbrales de daño económico (Pedigo, 2001 y Wise, 2006). Por su parte, los insectos coleópteros presentan una elevada riqueza de especies y abundancia, muchos participan, directa o indirectamente, en el control de especies fitófagas, en la descomposición, en la regulación del ciclo de nutrientes y en la polinización (Symondson *et al.*, 2002; Van Driesche *et al.*, 2008). La macrofauna conecta las redes hipógeas y epígeas por su amplio nicho espacial, las arañas por su alta capacidad de dispersión y amplitud trófica, y los coleópteros debido a los cambios de hábitat asociados a sus distintas etapas de desarrollo. Ambos grupos, son sensibles a las variaciones en la cobertura y estructura vegetal, así como a cambios de la cantidad de materia orgánica, agregación y otras propiedades físicas y químicas del suelo (Cole *et al.*, 2005).

2.4 Generalidades del tomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* L. H. Bailey)

2.4.1 Taxonomía

Lycopersicon esculentum var. *cerasiforme* L. H. Bailey, conocido como tomate o jitomate "cherry", "cereza", o "de cóctel" (Escalona *et al.*, 2009), pertenece a la Clase: Magnoliopsida, Orden: Solanales, Familia: Solanaceae, Subfamilia: Solanoideae, Género: *Lycopersicon*, Especie: *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* L. H. Bailey (IPNI, 2012). El origen de la especie es la región Andina, desde el sur de Colombia hasta el norte de Chile. Posiblemente desde allí fue trasladada a América Central y México, donde se domesticó (Monardes, 2009).

2.4.2 Descripción morfológica

Hábito. Puede presentar básicamente dos hábitos de crecimiento: determinado e indeterminado. La planta indeterminada es la normal y se caracteriza por tener un crecimiento extensivo, postrado, desordenado y sin límite. En ella, los tallos presentan segmentos uniformes con tres hojas (con yemas) y una inflorescencia, terminando siempre con un ápice vegetativo. A diferencia de esta, la planta determinada tiene tallos con segmentos que presentan progresivamente menos hojas por inflorescencia y terminan en una inflorescencia, lo que resulta en un crecimiento limitado (Escalona *et al.*, 2009).

Sistema radical. Está constituido por la raíz principal y las raíces secundarias y adventicias; estas últimas son numerosas y potentes y no superan los 30 cm de profundidad (Monardes, 2009, INTA 2014). El interior de la raíz presenta tres partes: epidermis, córtex y cilindro vascular. La epidermis contiene pelos que absorben el agua y los nutrientes, mientras que el córtex y el cilindro vascular cumplen la función de transportar los nutrientes (Infoagro Systems S.L., 2016).

Tallo. Los tallos son ligeramente angulosos, semileñosos, de grosor mediano y con tricomas (pilosidades), simples y glandulares. Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando las hojas, tallos secundarios e inflorescencias. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (Escalona *et al.*, 2009).

Hoja. Es pinnada y compuesta. Presenta de siete a nueve foliolos peciolados que miden 4-60 mm x 3-40 mm, lobulados y con borde dentado, alternos, opuestos y, por lo general, de color verde, glandulosos-pubescentes por el haz y cenicento por el envés. Se encuentra recubierta de pelos glandulares y dispuestos en posición alternada sobre el tallo. La posición de las hojas en el tallo puede ser semirecta, horizontal o inclinada (Monardes, 2009).

Flor. La flor es perfecta, ya que consta de 5 ó más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo dispuestos de forma helicoidal y de igual número de estambres que se alternan con los pétalos. Los estambres están soldados por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. El ovario es bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias denominadas comúnmente como “racimos”. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas (Escalona *et al.*, 2009).

Fruto. Es una baya bilocular o plurilocular, subesférica globosa. El fruto está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. En estado inmaduro es verde y, cuando madura, es rojo (EDIFORM 2006).

Semillas. El fruto contiene las semillas, que tienen un tamaño promedio de 5 x 4 x 2 mm. Son ovoides, comprimidas, lisas o muy velludas, parduzcas y están embebidas en una abundante masa mucilaginoso. Cada semilla está compuesta por el embrión, el endospermo y la cubierta seminal (Díaz y Hernández 2003).

2.4.3 Fenología

La fenología está determinada por la variedad y las condiciones climatológicas de la zona donde se establece el cultivo. Las etapas se pueden dividir en cinco periodos.

Establecimiento de la planta joven: Constituye el periodo de formación inicial de las partes aéreas de la planta, conocido como desarrollo del semillero.

Crecimiento vegetativo: Comprende los primeros cuarenta a cuarenta y cinco días desde la siembra de la semilla, después de los cuales las plantas comienzan su desarrollo continuo. A esta etapa le siguen cuatro semanas de crecimiento rápido.

Floración e inicio del cuaje de la fruta: Este periodo se extiende desde el inicio de la floración (de veinte a cuarenta días luego del trasplante) hasta la finalización del ciclo de crecimiento de la planta. El cuaje tiene lugar cuando la flor es fecundada y empieza el proceso de su transformación en fruto.

Inicio del desarrollo de la fruta: El cuaje de la fruta ocurre luego de la polinización, que tiene lugar por medio del viento y las abejas. En esta etapa, una vez iniciado su crecimiento, la fruta no suele caerse y no presenta rastros de la flor. El crecimiento de la fruta y la acumulación de materia seca presentan un ritmo relativamente estable, hasta llegar a dos o tres grados de maduración.

Maduración de la fruta: Por lo general la maduración ocurre aproximadamente ochenta días después del trasplante, dependiendo del cultivar, la nutrición y las condiciones climáticas. Luego, la cosecha continúa hasta llegar de los 180 a 210 días después del trasplante (Haifa, 2014).

2.4.4 Requerimientos agroecológicos

Temperatura. La temperatura óptima de desarrollo del cultivo oscila entre 20 °C y 30 °C durante el día y entre 10 °C y 17 °C durante la noche. Temperaturas superiores a los 30 °C reducen la fructificación y la fecundación de los óvulos, afectan el desarrollo de los frutos y disminuyen el crecimiento y la biomasa de la planta. Las plantas de tomate se desarrollan mejor con temperaturas de entre 18 °C y 24 °C. Temperaturas diurnas inferiores a 12 °C - 15 °C pueden originar problemas en el desarrollo de la planta, mientras que temperaturas diurnas superiores a 30 °C e inferiores a 12 °C afectan la fecundación (Díaz, 2007).

Humedad. La humedad relativa (HR) óptima, que se ubica entre 60% y 80%, favorece el desarrollo normal de la polinización y garantiza una buena producción. El exceso o déficit de humedad relativa produce desórdenes fisiológicos y favorece la presencia de enfermedades. Una humedad relativa superior al 80% favorece la permanencia de enfermedades aéreas, el agrietamiento del fruto y dificulta la fecundación, ya que el polen se humedece y hay aborto floral. Una alta humedad relativa y una baja iluminación reducen la viabilidad del polen y pueden limitar la evapotranspiración, disminuir la absorción del agua y los nutrientes, generar déficit de elementos como el calcio e inducir desórdenes fisiológicos. Una humedad relativa menor al 60% dificulta la polinización (Infoagro Systems S.L., 2016).

Luminosidad. Cuando la luminosidad es reducida, ello puede afectar en forma negativa los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta. Durante los periodos críticos del desarrollo vegetativo de la planta la interrelación entre la temperatura diurna, nocturna y la luminosidad es fundamental (Infoagro Systems S.L. 2016). Por tal motivo se recomienda no cultivar tomate en sitios que permanecen nublados, ya que los rendimientos disminuyen considerablemente (INTA, 2014).

Suelo. El cultivo de tomate no es muy exigente en términos de suelo, excepto en lo que respecta al drenaje; no obstante, se obtienen mejores resultados en suelos

profundos (de 1 m o más de profundidad), de texturas medias, permeables y sin impedimentos físicos en su perfil (Infoagro Systems S.L., 2016). El jitomate requiere una alta disponibilidad de macronutrientes como N, P, K, Ca, Mg, S y micronutrientes como Fe, Mn, Cu, B y Zn. A partir del trasplante y hasta la floración, la relación de fertilización de nitrógeno y potasio debe ser 1:1. Al inicio del llenado del fruto la cantidad de K debe ser mayor (N/K 1:2 ó 1:3) por su contribución en la maduración y el llenado de frutos (Jaramillo *et al.*, 2013).

pH. El tomate tolera la acidez y crece adecuadamente en pH de 5.0 a 6.8. Es medianamente tolerante a la salinidad, con valores máximos de 6400 ppm (10 mm ho) (Infoagro Systems S.L., 2016). Es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego (Escalona *et al.*, 2009).

2.5 Rendimiento agronómico

El rendimiento es la producción obtenida por unidad de superficie, los dos componentes básicos que van a estructurarlo son:

- La cantidad de individuos existentes en esa unidad de superficie (densidad de población).
- Producción particular de cada individuo.

De estos componentes se derivan otros que tienen formas particulares de expresión para cada cultivo. Está relacionado con el rendimiento, en dependencia del cultivo que se trate. El rendimiento de los cultivos está estrechamente relacionado con el comportamiento de los factores ambientales de todo tipo: climáticos, edáficos y fisiográficos y bióticos, los cuales pueden afectar el rendimiento desde tres puntos de vista: cuantitativo, cualitativo y generativo (IPNI, 2012; Yadav *et al.*, 2017).

2.6 Índice beneficio-costo

El análisis del beneficio-costo es un proceso que, de manera general, se refiere a la evaluación de un determinado proyecto, de un esquema para tomar decisiones de cualquier tipo. Ello involucra, de manera explícita o implícita, determinar el total de costos y beneficios de todas las alternativas para seleccionar la mejor o más rentable. Este análisis se deriva de la conjunción de diversas técnicas de gerencia y de finanzas con los campos de las ciencias sociales, que presentan tanto los costos como los beneficios en unidades de medición estándar, usualmente monetarias para que se puedan comparar directamente (Aguilera, 2017).

El costo está vinculado generalmente a la producción, pero es aplicable a cualquier tipo de actividad. Su propósito no es solo obtener beneficios, sino también ser un instrumento para el control y la toma de decisiones. En estos aspectos coinciden, de manera general. La gerencia necesita conocer el costo del producto elaborado, pues este contiene una información de suma importancia que le permite medir sus ingresos y fijar el precio. Asimismo, constituye un indicador fundamental, al permitir la comparación de los resultados obtenidos en distintos períodos, y ayudar así a encontrar nuevas vías para el uso racional, óptimo y planificado de los recursos productivos (Aguilera, 2017).

El beneficio, por su parte, es la ganancia que se obtiene de una inversión o actividad comercial. Para su cálculo se debe determinar el costo del problema y el de la solución. Esta última constituye una expresión para designar la ganancia que se obtiene en una actividad determinada (Aguilera, 2017).

El valor del beneficio se obtiene deduciendo los costos totales de los ingresos totales. Por tanto, la diferencia entre lo que se gasta en la producción o prestación de un servicio y el precio de la venta es la ganancia obtenida. Al determinar los beneficios asociados a un proyecto específico, así como sus costos, se realiza una comparación que permite decidir si es adecuada la alternativa. Cuando los beneficios exceden los costos, es provechoso el resultado del proyecto, o sea,

genera una utilidad o beneficio neto; en cambio, si sucede lo contrario, el proyecto no resulta ventajoso (Aguilera, 2017).

La evaluación que se realiza en el análisis beneficio-costos permite obtener el rendimiento de un proyecto o negocio. Este resulta rentable cuando los beneficios que se obtienen permiten recuperar lo invertido teniendo en cuenta la tasa deseada por el inversionista o empresario (Aguilera, 2017).

III. Antecedentes

Los trabajos reportados en la literatura sobre el uso de rastrojo como cobertura son de diversos cultivos, sin embargo, no se ha realizado estudios en cultivos de invernadero (Cuadro 1).

Cuadro 1. Trabajos de investigación del uso de rastrojo como cobertura de cultivos.

Autor	Titulo del trabajo	Conclusiones
Sánchez (2003)	Efecto de los rastrojos sobre las propiedades físicas y químicas de un suelo vertisol y rendimientos de caña de azúcar.	Se concluye que en el cultivo de caña de azúcar, el reciclaje de rastrojos no promueve cambios en las variables en estudio, sin embargo, en dos años posteriores a sus aportes y en un periodo de observación más prolongado, el tratamiento de rastrojo colocado en bandas sobre surcos centrales de la parcela reflejaría más pronto mejores indicadores edáficos que la quema de rastrojos o rastrojos picados y esparcidos en la parcela.
Najul y Anzalone (2006)	Control de malezas con cobertura vegetal en el cultivo de la Caraota negra (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	Se encontró que todos los métodos de cobertura alcanzaron más del 90% en el control de malezas a los 28 días después de la emergencia del cultivo, mientras que a 42 días sólo la paja picada mantuvo el nivel de control por encima del 90%. El mayor rendimiento del cultivo se obtuvo con el uso de la paja compostada con un valor de 2852.53 kg·ha ⁻¹ , a pesar de que este tratamiento no produjo el mejor nivel de control de malezas, lo cual se atribuyó a los beneficios adicionales que habría producido la incorporación de este material orgánico al suelo. En el resto de los tratamientos de cobertura, así como en el control químico y desmalezado manual, se presentaron rendimientos similares entre sí y superiores al testigo.

Ferreira et al. (2010)	Influencia de los niveles de pendiente y cobertura del suelo en el proceso de erosión con lluvia simulada.	En los tratamientos sin cobertura de paja se presentó un sellado superficial del suelo, afectando significativamente la infiltración del agua. En los tratamientos con cobertura de paja se encontró una situación mucho más cercana a la ideal para mantener el suelo. Esto fue debido a la cubierta vegetal que protegió el suelo contra el impacto de la gota de lluvia, evitando la obstrucción de los poros e impidiendo la formación de la capa selladora superficial. Por lo tanto uno de los principales métodos para controlar la erosión hídrica del suelo, es una cobertura vegetal del suelo.
Caballero et al. (2017)	Competencia del uso del rastrojo de maíz en sistemas agropecuarios mixtos en Chiapas.	El costo de oportunidad del uso de residuos de maíz como alimento del ganado bovino, para ambas comunidades, fue determinado en \$914.00 Nuevo México y en \$52.00 por ha ⁻¹ , valores que indican una fuerte limitación para su uso como cobertura del suelo en el sistema de agricultura de conservación principalmente en la primera localidad. También se determinó que a mayor tamaño del hato ganadero, mayor demanda de rastrojo como forrajes y menor disponibilidad para su uso como cobertura del suelo. Por el contrario, la disponibilidad aumenta a medida que los productores poseen potreros de mayor superficie.

IV. Preguntas de investigación

¿La cobertura de rastrojo mejora la diversidad de la microbiota funcional del suelo donde crece el tomate cherry?

¿La cobertura de rastrojo conserva mejor la humedad en el suelo del cultivo de tomate cherry?

¿La cobertura de rastrojo favorece el desarrollo y rendimiento del tomate cherry?

¿El beneficio económico del cultivo de tomate cherry con una cobertura de rastrojo será mayor que el costo de este?

V. Hipótesis

El tomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* L. H. Bailey) presentará un mejor rendimiento de flores y frutos, en el tratamiento con cobertura de rastrojo, debido a que mejorará la mineralización de la materia orgánica por la

actividad de la microbiota y mejores condiciones de humedad y temperatura en el suelo, lo cual se verá reflejado en el incremento del rendimiento.

VI. Objetivos

6.1 Objetivo General

Determinar el efecto de una cobertura de rastrojo de cebada en el rendimiento del tomate cherry (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* L. H. Bailey).

6.2 Objetivos específicos

Evaluar el rendimiento del tomate cherry mediante la aplicación de una cobertura de rastrojo de cebada.

Determinar el efecto del rastrojo en la composición nutrimental del sustrato de crecimiento del tomate cherry durante el ciclo del cultivo.

Determinar el efecto del rastrojo en los grados Brix del tomate cherry.

Calcular los costos de producción y el índice de beneficio-costo del cultivo de tomate cherry con cobertura de rastrojo de cebada.

Identificar y cuantificar la diversidad de macrofauna en el sustrato con cobertura de rastrojo.

VII. Método

7.1 Zona de estudio

El estudio se realizó en el Centro de Capacitación en Agricultura Orgánica “Chimalxochipan” ubicado en el campo 2 de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza ubicada en Batalla 5 de Mayo S/N, Ejército de Oriente Zona Peñón, Iztapalapa, 09230 Ciudad de México, CDMX.

7.2 Tamaño de la parcela para el cultivo del tomate cherry

Dentro de un invernadero de diente de sierra, se trabajó en dos parcelas de 1 m de ancho por 3 m de largo, en la primera parcela se colocaron nueve plantas de jitomate cherry separadas entre ellas por 40 cm (testigo) y en la segunda parcela se colocaron las nueve plantas del tratamiento con cobertura de paja, en los extremos de cada parcela se plantaron caléndulas como plantas trampa del áfido negro (Fig. 1, Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución de las plantas de tomate cherry en las parcelas y composición de las mismas.

Tomate cherry	Testigo (Suelo desnudo)	Tratamiento (Cobertura de rastrojo de cebada)
Parcelas (3 m²)	Sustrato de tierra de monte y bocashi (54 kg)	Sustrato de tierra de monte y bocashi (54 kg)
Repeticiones	Nueve repeticiones. En cada una se realizó una cepa de 20 cm de profundidad agregando en la base 45 g de bocashi y 2.5 g de rocas minerales (zeolita, leonardita, dolomita y arcilla potásica), se cubrió nuevamente con el sustrato de cada parcela.	Nueve repeticiones. En cada una se realizó una cepa de 20 cm de profundidad agregando en la base 45 g de bocashi y 2.5 g de rocas minerales (zeolita, leonardita, dolomita y arcilla potásica), se cubrió nuevamente con el sustrato de cada parcela.

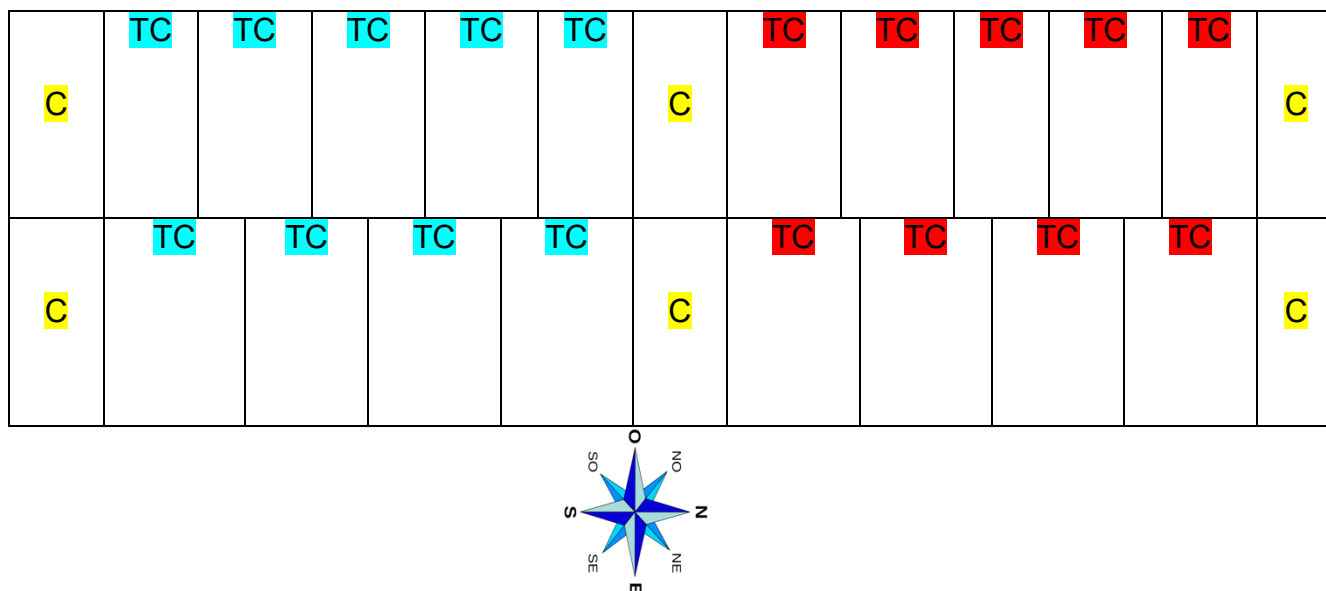


Figura 1. Disposición de las plantas de tomate cherry dentro del invernadero. Color azul representa a las plantas de tomate cherry (TC) en el cultivo testigo, color rojo representa a las plantas de tomate cherry (TC) del cultivo de tratamiento con cobertura de rastrojo, color amarillo representas las plantas de caléndula (C).

7.3 Sustrato y composición nutrimental

Cada parcela se preparó con tierra de monte y bocashi elaborado con hojarasca (10 kg), tierra (30 kg), estiércol de caballo (10 kg) y borrego (15 kg), salvado de trigo (18 kg), roca fosfórica (50 g), zeolita (50 g), cal (5 g), carbón (7.5 kg), melaza (4 L), microorganismos eficientes (2 L), levadura (220 g) (composición utilizada por el Centro de Capacitación en Agricultura Urbana Chimalxochipan). Se aplicaron 3 kg de bocashi/m².

La composición nutrimental nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) del sustrato se evaluó en el vivero con el Kit de Macronutrientes de LaMotte STH7, y posteriormente se envió una muestra al laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma de Chapingo. También se determinó el contenido de NPK, la materia orgánica y la relación carbono/nitrógeno (C/N) del bocashi (Laboratorio de suelo de la Universidad Autónoma de Chapingo).

7.4 Germoplasma

Se compraron frutos orgánicos de tomate cherry Campo Vivo en el mercado comercial, de los cuales se extrajeron las semillas. Posteriormente, se dejaron secar un día en papel absorbente y se almacenaron en una caja Petri.

7.5 Siembra

Se utilizó un semillero de polipropileno de 60 celdas, el cual se desinfectó con una solución de cloro al 10%. Posteriormente se colocó en cada celda un sustrato compuesto de tierra de monte (70%), humus de lombriz (15%) y agrolita (15%). El sustrato se regó cada tercer día, para promover la germinación y emergencia de las plántulas (Monge, 2016). A partir de los ocho días después la siembra se cuantificó cada tres días el porcentaje de plántulas emergidas y el tiempo medio de emergencia (TME) (Hartmann y Kester, 1990):

$$TME=N1*T1+N2*T2+ N3*T3.....Nn*Tn / NTSE$$

En donde: N= número de semillas emergidas dentro del intervalo de tiempo consecutivo, T= tiempo transcurrido entre el inicio y el final del intervalo de medición, NTSE= Número total de semillas emergidas.

7.6 Muestreo e identificación de fauna edáfica

Se tomaron nueve muestras compuestas del sustrato de las parcelas antes de hacer el cultivo de tomate cherry y después de la cosecha de los frutos. En total se recolectó 1.5 kg de sustrato de cada parcela, para el análisis de la fauna edáfica. También se tomó una muestra de 1 kg de bocashi y una de 1 kg de rastrojo de cebada.

Las muestras del sustrato de ambas parcelas y del bocashi se tamizaron con tamices de aperturas #10, #18, #20 y #23 en una superficie blanca. El rastrojo se esparció también en una superficie blanca, con el fin de separar los organismos de la fauna edáfica, los cuales se colocaron en alcohol al 70% para conservarlos. Posteriormente se observaron en el microscopio y se identificaron por la M. en C. Magdalena Ordoñez Reséndiz, con ayuda de claves de las siguientes fuentes: Borrer *et al.* (1989), Ross (2000), Brusca y Brusca (2002), Cervantes *et al.* (2003), Bautista (2006), Castro *et al.* (2006), Bahena (2008) y Rodríguez y Morón (2010). La diversidad de especies se midió con el índice de diversidad de Margalef, con la siguiente fórmula:

$$D_{Mg}=(S-1)/\ln N$$

En donde: S = número de especies y N = número total de individuos.

El D_{Mg} transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida. El mínimo valor que puede adoptar es cero, y ocurre cuando solo existe una especie en la muestra ($s=1$, por lo que $s-1=0$). Por debajo de 2 se considera una región de baja biodiversidad, y por encima de 5, una región de alta biodiversidad (Moreno, 2001).

7.7 Trasplante

Se realizó el trasplante de las plantas de tomate cherry, aproximadamente entre veinticinco y treinta días después de la emergencia (López, 2016) durante las primeras horas de la mañana, a bolsas de 395 g con un sustrato compuesto de tierra de monte (70%), humus de lombriz (15%) y agrolita (15%) (Fig 2).



Figura 2. Trasplante de plantas de tomate cherry a bolsas de vivero calibre 600.

Posteriormente a los sesenta días después del trasplante, las plantas se pasaron a las dos parcelas para su crecimiento y desarrollo.

El trasplante se realizó bajo la técnica de la siembra cercana con una separación entre plantas de 40 cm (Fig 3). En cada sitio de plantación, se realizó una cepa de 20 cm de profundidad agregando en la base 45 g de bocashi y 2.5 g de rocas minerales (zeolita, leonardita, dolomita y arcilla potásica), todo este material se cubrió nuevamente con el sustrato de cada parcela.



Figura 3. Trasplante a tres bolillo o de siembra cercana en las parcelas dentro del invernadero

Una parcela estuvo dedicada al cultivo de tomate cherry con la aplicación del rastrojo (tratamiento) y la otra al cultivo testigo. En la parcela con tratamiento se colocó 1.100 kg de rastrojo al momento del trasplante y después cada mes y medio se volvió a aplicar 1 kg con el fin de mantener el rastrojo independientemente de la tasa de descomposición. El riego por goteo fue diario. Se midieron los mililitros de agua que por día se le suministró a cada planta en las parcelas.

7.8 Tutores

Se colocaron hilos de rafia como tutores de 2.5 m de altura en cada planta. Se realizó el mismo día del trasplante, cuando las plantas tuvieron una altura de 50 cm. La planta se amarró al tutor con ayuda del hilo, teniendo cuidado de no estrangular o dañar la planta (Fig 4).



Figura 4. Colocación de tutores en plantas de tomate cherry.

7.9 Poda

Poda de formación. Consistió en dejar uno, dos o tres ejes (tallos) por planta. Lo más común es utilizar dos ejes, conservando el tallo con mayor vigor y grosor y el eje ubicado por debajo de la primera inflorescencia, a fin de formar una arquitectura en forma de V. En el cultivo del tomate tipo cherry suelen dejarse de tres a cuatro ejes (Escobar y Lee, 2009).

Poda de brotes o chupones . Generalmente se realizó una vez cada quince días, junto con la aplicación de un fungicida-bactericida que fue la pasta del caldo sulfocálcico, para evitar la entrada de patógenos a la planta (Infoagro Systems S.L., 2016).

Poda de hojas o deshojado. Es el proceso mediante el cual se eliminaron las hojas bajas viejas o enfermas. Se debe evitar la eliminación de más de tres hojas por encima del racimo de los frutos, ya que la planta podría ser sometida a un estrés.

Poda apical o despunte. Consistió en eliminar la parte apical del tallo con el objetivo de detener el crecimiento vertical en los cultivos de crecimiento indeterminado, para mejorar el calibre de los frutos, dejando dos o tres hojas arriba de la última inflorescencia para dar sombra, nutrir el ramo y proteger el fruto del golpe de sol. Generalmente se realiza entre el sexto y el octavo racimo floral (Escalona *et al.*, 2009).

7.10 Variables de rendimiento agronómico

Tiempo medio de floración

Se determinó cuando la mitad de la población de las plantas de jitomate presentaron la floración en anthesis tanto para el tratamiento como para el testigo (Fig 5).



Figura 5. Tiempo medio de floración en plantas de tomate cherry.

Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$TFlor = \frac{\sum(niti)}{\sum ni}$$

En donde TFlor= tiempo promedio de floración, t_i = número de días después del trasplante, n_i = número de flores el día i .

Número de flores/racimo

Se sumaron todas las flores del racimo en el cultivo testigo y el tratamiento.

Número de racimos por planta

El número de racimos por planta (rac/planta), se obtuvo a partir de la sumatoria de los racimos totales presentes en la planta hasta el momento final de la cosecha en el cultivo testigo y tratamiento.

Tiempo medio de fructificación

Se determinó cuando la mitad de la población para el tratamiento y el testigo presentaron la fructificación (Fig 6).



Figura 6. Tiempo medio de fructificación en plantas de tomate cherry.

Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$TFruc = \frac{\sum(niti)}{\sum ni}$$

En donde TFruc= tiempo promedio de fructificación, ti= número de días después del trasplante, ni= número de frutos el día i.

Número de frutos por racimo

En el caso del número de frutos por racimo (frut/rac), se sumaron todos los frutos del racimo en el cultivo testigo y tratamiento.

Frutos totales por planta

El número de frutos totales (frut/planta) se cuantificó sumando los frutos de los racimos de cada planta en el cultivo testigo y tratamiento.

Rendimiento en peso por racimo

Se sumaron todos los pesos de los frutos obtenidos por racimo (kg/rac) en el cultivo testigo y tratamiento.

Rendimiento total

Esta variable se determinó mediante la sumatoria del peso (kg) de los frutos/racimo/planta/m² en el cultivo del tratamiento y del testigo.

7.11 Cosecha

La cosecha del fruto se realizó en forma manual, sólo se realizó hasta el quinto racimo, momento en que se consideró el fin de la producción. La cosecha fue preferiblemente en horas de la mañana para evitar la desecación del fruto, empleando tinas plásticas rectangulares, firmes y limpias, con aberturas a los cuatro lados para facilitar la aireación. El grado de madurez de la fruta y cosecha se determinó mediante una escala de madurez de la fruta que contiene seis grados (Cuadro 3) (Fig 7) (Cerdas y Montero, 2002).

Cuadro 3. Grados de madurez del tomate (FAO, 2007).

Grados de madurez	Nomenclatura	Características
1	Sazón	Superficie de la fruta verde 100 %, con cambio del tono y con estrella beige en el ápice floral.
2	Sazón avanzado	Hay cambio de color hasta de un 10 % (rosado o amarillo).
3	Pintón inicial	Desarrollo de color amarillo, rosado o rojo superior al 10 % pero inferior al 30 %.
4	Pintón medio	Desarrollo de color amarillo, rosado o rojo superior al 30 % pero inferior al 60 %.
5	Pintón	Desarrollo de color rosado o rojo superior al 60 % pero inferior al 90 %.
6	Maduro firme	Desarrollo de color rojo en más del 90 %, aunque se mantiene firme.



Figura 7. Grado de madurez del tomate. De derecha a izquierda de la figura se encuentran sazón (1), sazón avanzado (2), pintón inicial (3), pintón medio (4), pintón (5) y maduro firme (6).

El grado de madurez del fruto para el mercado local es el grado 2 o 3 (sazón avanzado). Debe disponer de buena firmeza, a fin de que soporte el manejo desde que se cosecha hasta que llegue al consumidor (López, 2016).

7.12 Tasa de crecimiento relativo (TCR)

Es la ganancia de altura por unidad de altura y tiempo. Se calculó como logaritmo natural de la altura final menos el logaritmo natural de la altura inicial (Hoffmann y Poorter, 2002; Alameda y Villar, 2009).

$$TCR = (\ln W2 - \ln W1) / (T2 - T1)$$

TCR= Tasa de crecimiento relativo, Ln= Logaritmo natural, W2= Altura final, W1= Altura inicial, T2= Tiempo final y T1=Tiempo inicial

7.13 Variables del crecimiento

Se cuantificaron cada semana en cada una de las repeticiones del testigo y tratamiento.

Altura de la planta

Se midió a lo largo del tallo de la planta, desde la emergencia del suelo hasta la yema apical (Thompson, 1985).

Diámetro de la planta

Se midió el diámetro del tallo aproximadamente a 0.5 cm de la emergencia del suelo (Cleary y Greaves, 1977).

Cobertura de la planta

Se calculó a partir del diámetro cruzado de la amplitud del follaje de las plantas, se obtuvo el radio y con este dato se determinó el área de la base de un cilindro, su unidad es cm^2 (Padilla y Goyes, 2004).

7.14 Variables microclimáticas**Temperatura**

La temperatura medida en $^{\circ}\text{C}$ es el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Obando y Mc Leod, 2010). Se registraron las temperaturas máximas y mínimas dentro del invernadero diariamente a las 12:00 horas, durante el periodo que duró todo el cultivo (foliación, floración y fructificación). La temperatura se midió con un termómetro digital.

Humedad relativa

La humedad relativa (% Hr) se tomó a las 12:00 horas diariamente, durante el período que duró todo el cultivo (foliación, floración y fructificación) con un higrómetro digital.

7.15 Análisis de nutrientes de sustrato durante la fructificación

La composición nutrimental del sustrato en el momento de la fructificación se evaluó en el vivero con el Kit de Macronutrientes de LaMotte STH7y, posteriormente se envió una muestra al laboratorio de Universidad Autónoma de Chapingo.

7.16 Medición de pH y conductividad eléctrica

Se determinó tomando una muestra compuesta de 30 g de sustrato de la parcela del testigo y del tratamiento. Para la medición tanto del pH como de la conductividad eléctrica (CE) se preparó una disolución 1:5. El pH se midió con un potenciómetro de la marca Conductronic y la CE con un medidor de la marca Horiba.

7.17 Medición de grados Brix

Se determinó con un refractómetro, usando el jugo de dos tomates cherry por cada racimo de cada unidad experimental, por tratamiento y testigo.

7.18 Índice beneficio/costo

El índice beneficio/costo o rentabilidad, se obtuvo mediante la siguiente fórmula:
Índice Beneficio/Costo= Costo de venta/Costo de producción. Los costos de producción se calcularon con base al costo de cada uno de los insumos utilizados en el cultivo así como los costos de la mano de obra invertida desde la preparación de las parcelas hasta la cosecha.

7.19 Análisis estadístico

Se aplicó una prueba t Student para analizar las variables del crecimiento y del rendimiento (altura, cobertura, tiempo medio de floración, número de flores, tiempo medio de fructificación, número de frutos/racimo, número de racimos y rendimiento/planta) con un nivel de significancia de 0.05, para comparar los resultados del testigo y del tratamiento. La t de Student, permitió analizar las

diferencias entre las dos muestras independientes y pequeñas que presentaron una distribución normal y homogeneidad en sus varianzas (Sánchez, 2015).

VIII. Resultados

8.1 Composición nutrimental del sustrato de las parcelas de cultivo

La composición nutrimental del bocashi y del sustrato de la parcela testigo (sin cobertura de rastrojo) y de la parcela del tratamiento (parcela con cobertura de rastrojo), después del cultivo, aumentó en porcentaje de materia orgánica y relación carbono nitrógeno (Cuadro 4), mientras que la concentración de los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Na y Fe) (Cuadro 5) y de los micronutrientes (Cu, Zn, Mn y B) (Cuadro 6) disminuyó.

El pH del sustrato de la parcela testigo y de la parcela del tratamiento fue de ocho, mientras que el de bocashi fue ácido (6.81). La conductividad eléctrica y la densidad aparente fue similar para ambas parcelas y la capacidad de intercambio catiónico fue menor en el sustrato de la parcela testigo en relación a la parcela del tratamiento.

Cuadro 4. Composición nutrimental del bocashi y de los sustratos de la parcela testigo y tratamiento, antes y después del cultivo.

Muestra	M. O %	C/N
Tg. A	3.63	6.9
Tg. D	4.30	7.8
Tm. A	3.63	4.0
Tm. D	5.24	8.6
Bocashi	6.86	13.7

Testigo antes del cultivo (Tg. A), Testigo después del cultivo (Tg. D), Tratamiento antes del cultivo (Tm. A), Tratamiento después del cultivo (Tm. D) y Bocashi.

Cuadro 5. Composición nutrimental de macronutrientes, correspondiente a bocashi, sustrato antes y después del cultivo testigo y tratamiento.

Muestra	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	Fe %
Tg. A	0.96	0.14	0.53	0.63	1.82	0.28	1.21
Tg. D	0.79	0.15	0.51	0.54	1.70	0.25	1.11
Tm. A	1.49	0.18	0.45	0.55	1.79	0.22	1.00
Tm. D	0.79	0.10	0.43	0.54	1.42	0.20	0.92
Bocashi	2.01	0.80	1.04	0.80	1.08	0.38	0.40

Testigo antes del cultivo (Tg. A), Testigo después del cultivo (Tg. D), Tratamiento antes del cultivo (Tm. A), Tratamiento después del cultivo (Tm. D) y Bocashi.

Cuadro 6. Composición nutrimental de micronutrientes, correspondiente a bocashi, sustrato antes y después del cultivo testigo y tratamiento.

Muestra	Cu mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹	Mn mg kg ⁻¹	B mg kg ⁻¹
Tg.A	86	70.50	251.50	112.59
Tg.D	74.50	69.50	230.75	84.23
Tm.A	60.50	69	206.50	88.96
Tm.D	63	65.25	193.25	35.39
Bocashi	46.25	105.00	201.25	87.38

Testigo antes del cultivo (Tg. A), Testigo después del cultivo (Tg. D), Tratamiento antes del cultivo (Tm. A), Tratamiento después del cultivo (Tm. D) y Bocashi.

Cuadro 7. Composición química, correspondiente a bocashi, sustrato antes y después del cultivo testigo y tratamiento.

Muestra	pH	C. E dS m ⁻¹	C. I. C. cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	Dens. Apar. g cm ⁻³
Tg. A	8.01	0.38	22.4	1.19
Tg. D	8.04	0.38	22.9	1.16
Tm. A	7.86	0.42	27.3	1.22
Tm. D	8.21	0.43	25.5	1.18
Bocashi	6.81	4.96	51.2	0.57

Testigo antes del cultivo (Tg. A), Testigo después del cultivo (Tg. D), Tratamiento antes del cultivo (Tm. A), Tratamiento después del cultivo (Tm. D) y Bocashi.

8.2 Desarrollo del cultivo

8.2.1 Emergencia de plántulas

El porcentaje de emergencia del lote de semillas de jitomate cherry, fue de 86.11%, con un tiempo medio de emergencia de 5.71 días (Fig 8).

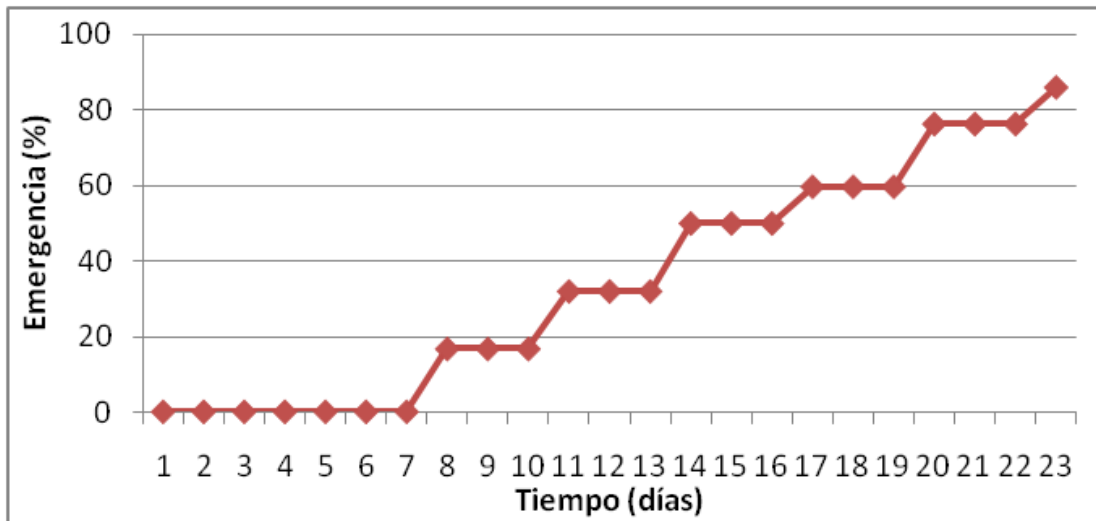


Figura 8. Porcentaje de emergencia de las semillas de tomate cherry en el semillero. Con un sustrato compuesto de tierra monte (70%), humus de lombriz (15%) y agrolita (15%).

8.2.2 Variables morfológicas

Altura

La altura no presentó diferencias estadísticas entre el tratamiento (2.17 m) y el testigo (2 m) ($p \geq 0.05$), durante el tiempo de desarrollo y producción del cultivo (Fig 9).

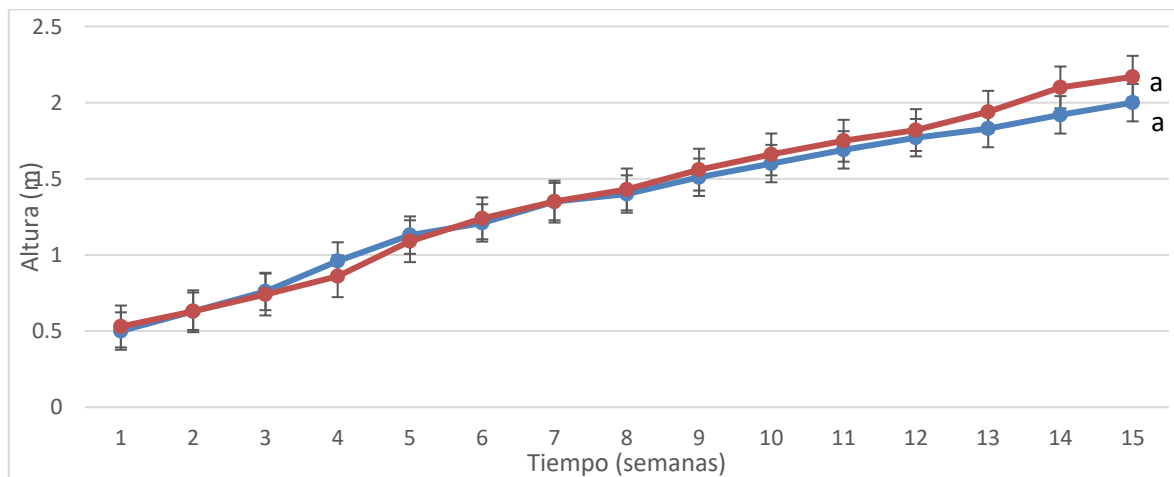


Figura 9. Altura promedio de las plantas de tomate cherry, bajo condiciones de invernadero. Cultivo testigo (azul), tratamiento con cobertura de rastrojo (rojo). Letras iguales indican que no hay diferencia estadística significativa ($p \geq 0.05$). Las muecas representan la desviación estándar.

Diámetro

El diámetro del tallo principal en las plantas de jitomate, en el tratamiento (2.30 cm) y el testigo (1.98 cm), no presentó diferencia estadística significativa ($p \geq 0.05$) (Fig. 10).

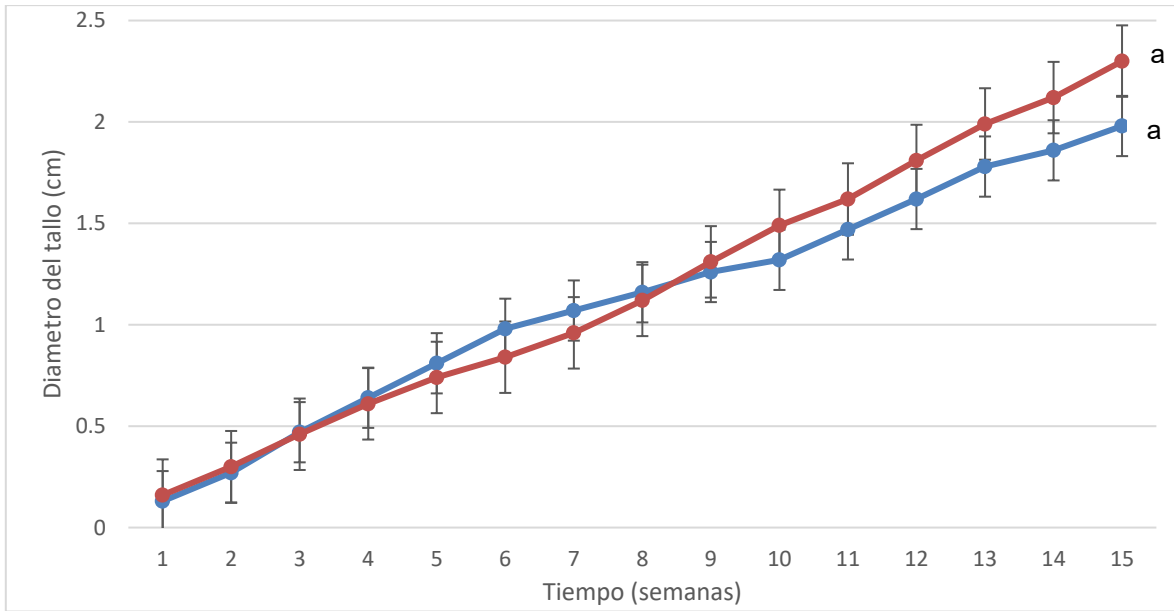


Figura 10. Diámetro promedio del tallo de las plantas de tomate cherry, bajo condiciones de invernadero. Cultivo testigo (azul), tratamiento con cobertura de rastrojo (rojo). Letras iguales indican que no hay diferencia estadística significativa ($p \geq 0.05$). Las muecas representan la desviación estándar.

Cobertura foliar

La cobertura foliar entre el cultivo testigo (0.38 m^2) y el tratamiento (0.46 m^2) fue similar hasta la onceava semana, no hubo una diferencia estadística significativa ($p \geq 0.05$) entre el tratamiento y el testigo (Fig 11).

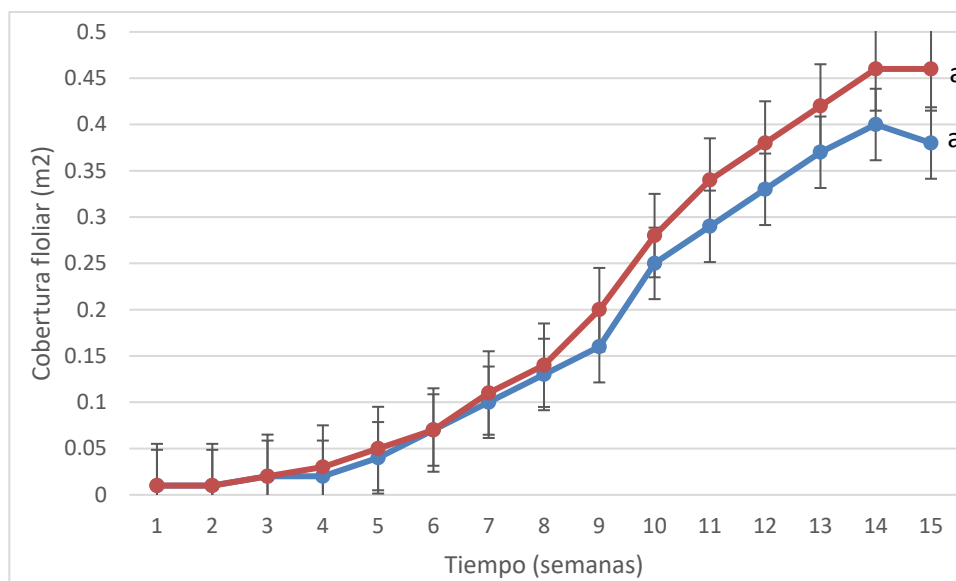


Figura 11. Cobertura promedio de las plantas de tomate cherry, bajo condiciones de invernadero. Cultivo testigo (azul), tratamiento con cobertura de rastrojo (rojo). Letras iguales indican que no hay diferencia estadística significativa. Las muescas representan la desviación estándar.

8.3 Tasa de crecimiento relativo

La Tasa de Crecimiento Relativo (TRC), definida como la ganancia de biomasa en el tiempo, es una de las principales variables para el análisis del crecimiento en plantas (Alameda y Villar, 2009). La TCR tanto del testigo como del tratamiento no presentó diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre ellos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) promedio del cultivo testigo y del cultivo de tratamiento.

	Testigo	Tratamiento (cobertura de rastrojo)
Tasa de crecimiento relativa (TCR) día ⁻¹	0.099	0.104

8.4 Rendimiento del tomate cherry

8.4.1 Variables de crecimiento agronómico

Tiempo medio de floración en antesis

El tiempo medio de floración en antesis en el cultivo testigo fue de 20 días después del trasplante (40 días de edad), mientras que en el tratamiento fue de 18 días después del trasplante (38 días de edad) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Tiempo medio de floración en antesis en el cultivo testigo y el cultivo de tratamiento con cobertura de rastrojo.

	Testigo	Tratamiento (cobertura de rastrojo)
Tiempo medio de floración en antesis (días)	40	38

Número de flores/racimo

El número de flores/racimo en el testigo fue mayor en el racimo número dos (16.34), mientras que en el tratamiento el valor mayor (20.30) fue en racimo número tres, sin embargo, tanto en el tratamiento como en el testigo no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$), el cuarto y quinto racimo presentaron una disminución del número de flores en ambos cultivos, pero la diferencia no fue estadísticamente significativa ($p \geq 0.05$) (Fig 12).

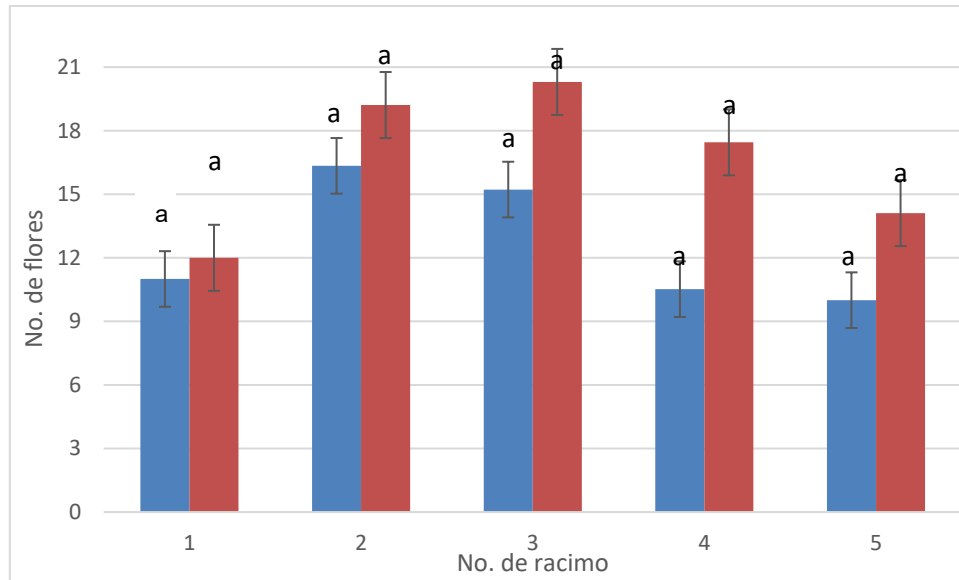


Figura 12. Número promedio de flores por racimo de las plantas de tomate cherry, bajo condiciones de invernadero. Cultivo testigo (azul), tratamiento con cobertura de rastrojo (rojo). Letras iguales indican que no hay diferencia estadística significativa ($p \geq 0.05$). Las muestras representan la desviación estándar.

Número de racimos con flores por planta

En esta variable, no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre el testigo (12.56 racimos) y el tratamiento (16 racimos) (Fig 13).

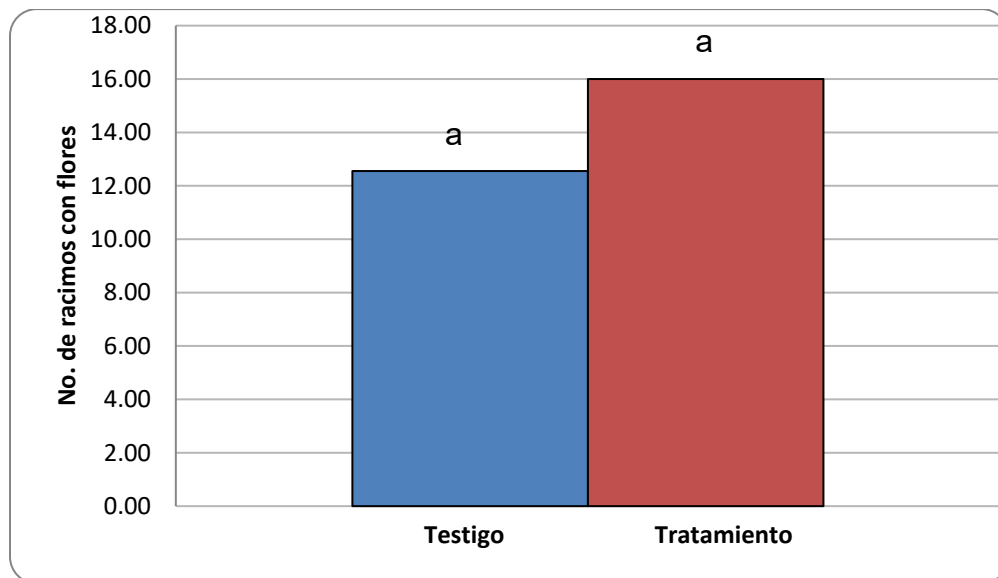


Figura 13. Número promedio de racimos con flores en el cultivo testigo y del tratamiento con cobertura de rastrojo. Cultivo testigo (azul), tratamiento con cobertura de rastrojo (rojo). Letras iguales indican que no hay diferencia estadística significativa ($p \geq 0.05$).

Tiempo medio de fructificación

El tiempo medio de fructificación en el cultivo testigo fue de 36 días después del trasplante (56 días de edad), mientras que en el tratamiento fue de 38 días (58 días de edad) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Tiempo medio de fructificación en antesis en el cultivo testigo y el cultivo de tratamiento con cobertura de rastrojo.

	Testigo	Tratamiento (cobertura de rastrojo)
Tiempo medio de fructificación en antesis (días)	56	58

Los frutos tanto del testigo como del tratamiento se cosecharon con un grado de madurez número seis (maduro firme) en donde el desarrollo de color rojo se presentó en más del 90% de los frutos (Fig 14).



Figura 14. Racimos de tomate cherry. La imagen con la letra A es del cultivo testigo, y la letra B pertenece al cultivo de tratamiento con cobertura de rastrojo, las flechas azules señalan a los frutos con grado de madurez seis (maduro firme).

Número de frutos por racimo

El número de frutos por racimo, no presentó diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) (Fig 15) entre el testigo y el tratamiento, este osciló entre 9 y 15, y para el tratamiento entre 12 y 19.

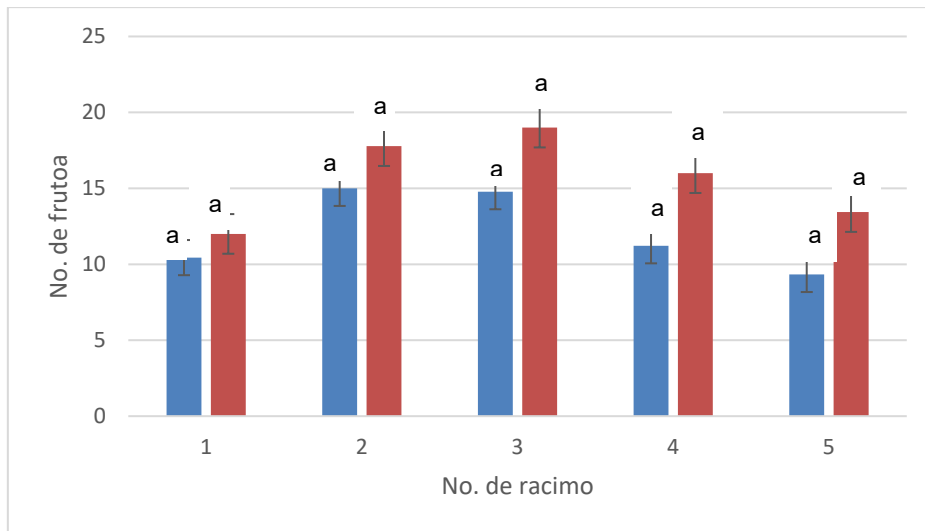


Figura 15. Número de frutos por racimo de las plantas de tomate cherry, bajo condiciones de invernadero. Cultivo testigo (azul), tratamiento con cobertura de rastrojo (rojo). Letras iguales indican que no hay diferencia ($p \geq 0.05$). Las muecas representan la desviación estándar.

Frutos totales por planta

En el testigo se registró un promedio de 60.78 frutos, mientras que en el tratamiento fue de 79.11 frutos, sin diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre ambos (Fig 16).

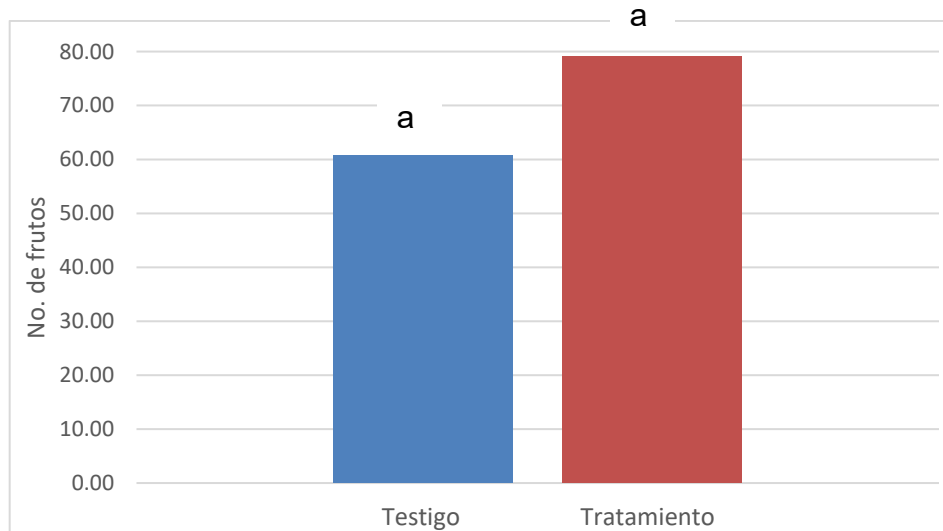


Figura 16. Número de frutos por planta en el cultivo testigo y del tratamiento con cobertura de rastrojo. Cultivo testigo (azul), tratamiento con cobertura de rastrojo (rojo). Letras iguales indican que no hay diferencia ($p \geq 0.05$).

Rendimiento en peso por racimo

El rendimiento no presentó diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre el tratamiento y el testigo. El mayor rendimiento se presentó en el racimo número dos, en donde el testigo presentó 1.69 kg y el tratamiento 2 kg, el cuarto y quinto racimo presentaron una disminución del rendimiento para ambos (Fig 17).

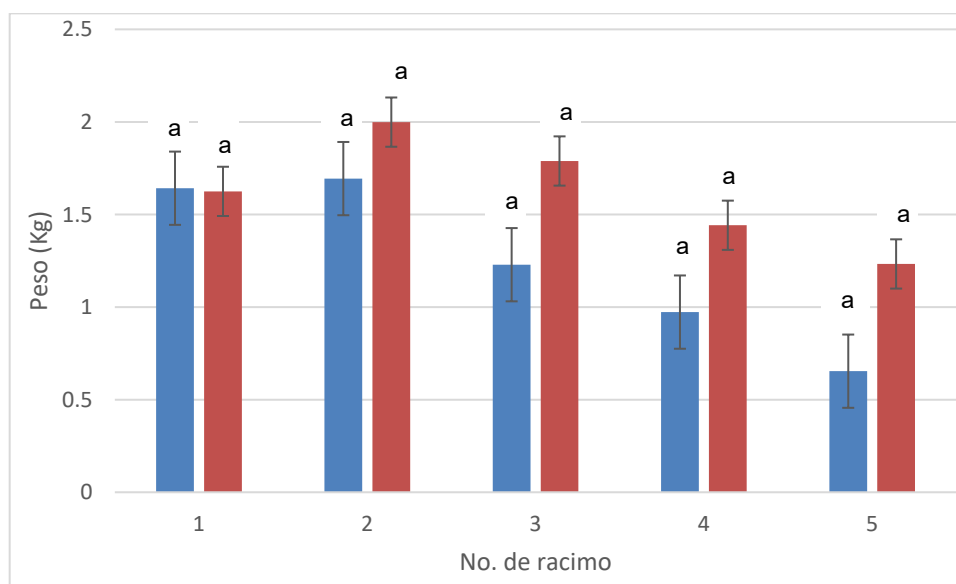


Figura 17. Rendimiento en peso por racimo de las plantas de tomate cherry, bajo condiciones de invernadero. Cultivo testigo (azul), tratamiento con cobertura de rastrojo (rojo). Letras iguales indican que no hay diferencia. Las muescas representan la desviación estándar.

Rendimiento en peso por área

El testigo presentó un rendimiento promedio de 2.06 kg/m² y el rendimiento del tratamiento fue de 2.61 kg/m² (Fig.18).

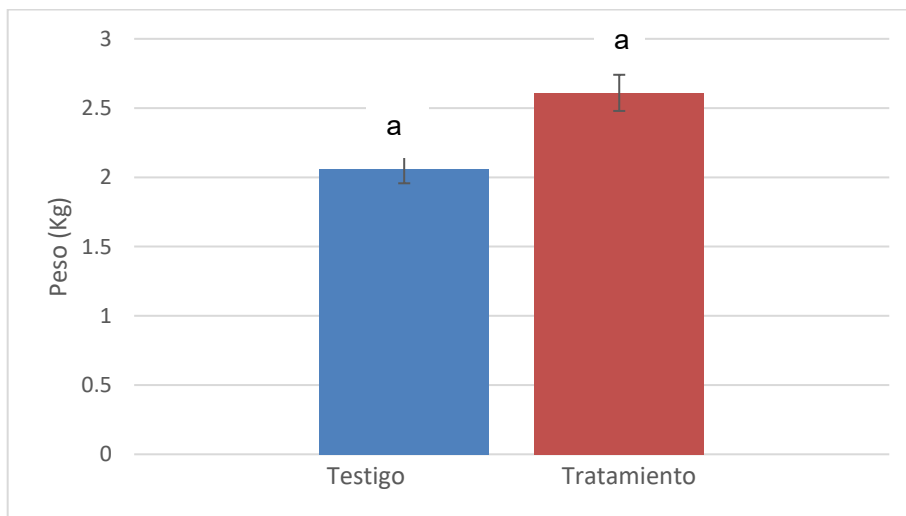


Figura 18. Rendimiento en peso por área, en plantas de tomate cherry bajo condiciones de invernadero. Cultivo testigo (azul), tratamiento con cobertura de rastrojo (rojo). Letras iguales indican que no hay diferencia. Las muescas representan la desviación estándar.

Rendimiento total

El rendimiento total del testigo fue de 6.19 kg, mientras que del tratamiento con cobertura de rastrojo fue de 7.87 kg (Fig 19).

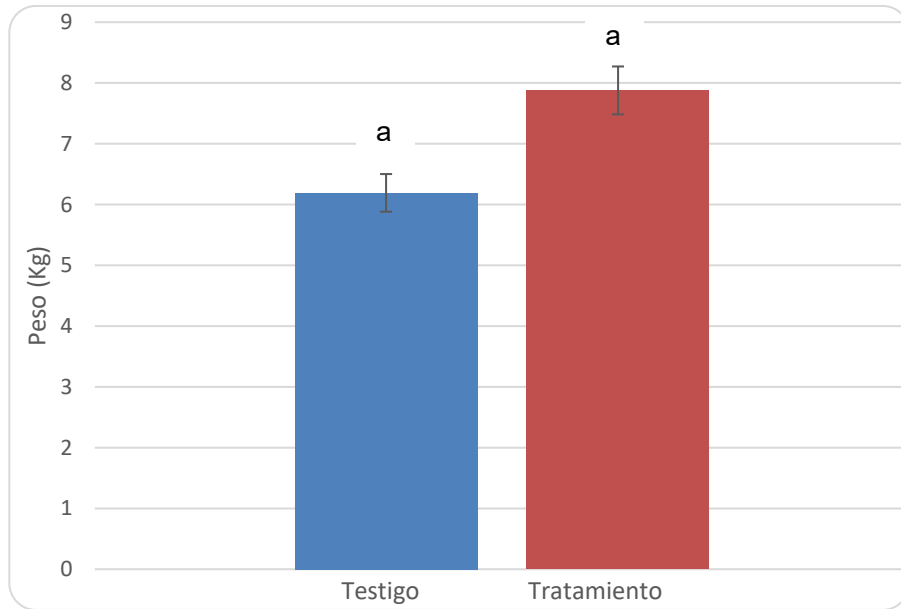


Figura 19. Rendimiento total en peso de los frutos, en plantas de tomate cherry bajo condiciones de invernadero. Cultivo testigo (azul), tratamiento con cobertura de rastrojo (rojo). Letras iguales indican que no hay diferencia. Las muecas representan la desviación estándar.

8.5 Grados Brix

Los grados Brix en los frutos del testigo presentaron valores entre 5.28 y 7.67, obteniendo el valor mayor en el segundo racimo, mientras que en el tratamiento se obtuvieron valores entre 6.28 y 8.44, en el cuarto racimo se presentó el valor mayor (Fig 20).

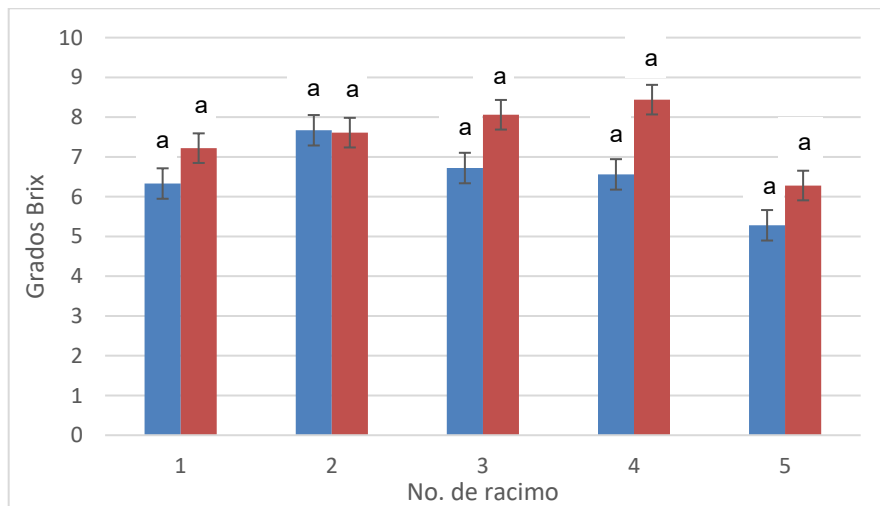


Figura 20. Grados Brix de los frutos en el cultivo testigo y del tratamiento con cobertura de rastrojo. Cultivo testigo (azul), tratamiento con cobertura de rastrojo (rojo). Letras iguales indican que no hay diferencia. Las muestras representan la desviación estándar.

8.6 Fauna edáfica

Los artrópodos encontrados en las muestras de bocashi fueron de las clases Arachnida, Malacostraca e Insecta, mientras que en el rastrojo solo se encontró la clase Insecta (Cuadro 11). Estos organismos presentan diversas funciones de acuerdo con su Orden (Cuadro 12). El índice de diversidad de Margalef en el bocashi fue de 0.75 y en el rastrojo fue de 0 (Cuadro 13).

Cuadro 11. Artrópodos presentes en bocashi y rastrojo.

Muestra	Subfilo	Clase	Orden	Suborden	Familia	Genero
Bocashi	Chelicerata	Arachnida	Pseudoescorpiones		Olpiidae	
	Crustacea	Malacostraca	Isopoda	Oniscidea	Porcellionidae	Porcellio
	Hexapoda	Insecta	Lepidoptera			
Rastrojo	Hexapoda	Insecta	Diptera	Nematocera		

Cuadro 12. Función de los organismos encontrados en bocashi y rastrojo.

Función	
Pseudoescorpiones	Forman parte de la cadena alimentaria de los suelos y tienen un papel importante como depredadores activos, ofreciendo un uso potencial en el control de plagas (Donovan y Paul, 2005; Read et al., 2014).

Isópodos	Juegan un papel importante en el reciclaje de nutrientes (Leistikow, 2001; Hunter et al., 2003; Leistikow y Araujo, 2006; Quadros y Araujo, 2007.); al ser detritívoros (Leistikow y Araujo, 2006), son fundamentales como componentes de la fauna del suelo (Lopes et al., 2005).
Lepidópteros	Son importantes como polinizadores pues la mayoría de adultos visitan flores para alimentarse. Por otro lado, son un importante grupo de insectos en la agricultura ya que muchas especies constituyen plagas, causando daño en su estado de larva por su alimentación (Zumbado y Azofeifa, 2018).
Dípteros	Son de gran importancia por su diversidad de roles ecológicos como plagas agrícolas, pero también como descomponedores de materia orgánica, polinizadores, depredadores y parasitoides. Los adultos de varias familias visitan flores en busca de polen y néctar (Zumbado y Azofeifa, 2018).

Cuadro 13. Índice de Margalef en bocashi y rastrojo.

	Bocashi	Rastrojo
Índice de Margalef	0.75	0

En la parcela del testigo antes del cultivo se encontraron artrópodos de clase Arachnida, Malacostraca e Insecta (Cuadro 14), mientras que en la parcela del tratamiento con cobertura de rastrojo se encontró artrópodos de la clase Arachnida, Collembola, Insecta y Chilopoda, sin embargo también se encontró la clase Clitellata perteneciente a los anélidos (Cuadro 15), los organismos de ambos cultivos presentan funciones de acuerdo a su Orden (Cuadro 16). El índice de diversidad de Margalef en la parcela del testigo antes del cultivo fue de 2.41, mientras que en la parcela del tratamiento con cobertura de rastrojo fue de 1.84 (Cuadro 17).

Cuadro 14. Artrópodos presentes en la parcela del testigo antes del cultivo de tomate cherry.

Subfilo	Clase	Subclase	Orden	Suborden	Familia	Subfamilia	Género
Chelicerata	Arachnida	Acari	Mesostigmata		Phytoseiidae		
Chelicerata	Arachnida		Pseudoescorpiones				
Crustacea	Malacostraca		Isopoda	Oniscidea	Porcellionidae		Porcellio
Hexapoda	Insecta	Pterygota	Coleoptera	Polyphaga	Dryophthoridae	Dryophthorinae	Sitophilus
Hexapoda	Insecta	Pterygota	Hymenoptera	Apocrita	Formicidae		
Hexapoda	Insecta						
Hexapoda	Insecta		Lepidoptera				

Cuadro 15. Organismos (artrópodos y anélidos) presentes en la parcela del tratamiento con cobertura de rastrojo antes del cultivo de tomate cherry.

Subfilo	Clase	Subclase	Orden	Suborden	Familia	Subfamilia	Género
*	Clitellata	Oligochaeta	Crassiclitellata		Acanthodrilidae		Dichogaste
Chelicerata	Arachnida		Araneae		Lycosidae		
Chelicerata	Arachnida		Pseudoescorpiones				
Hexapoda	Collembola		Poduromorpha		Onychiuridae	Onychiurinae	

Hexapoda	Insecta	Pterygota	Hymenoptera	Apocrita	Formicidae		
Myriapoda	Chilopoda		Scolopendromorpha				

* señala que es perteneciente al phylum Annelida.

Cuadro 16. Función de los organismos encontrados en el testigo y tratamiento con cobertura de rastrojo, antes del cultivo de tomate cherry.

Función	
Mesostigmata	Son los descomponedores primarios. Su papel es fundamental en el reciclaje de las sustancias del suelo, ya que facilitan la actuación de las bacterias y hongos, por lo que indirectamente son reguladores del proceso trófico del suelo. Actúan como “catalizadores” al estimular la actividad microbiana sobre las hifas fúngicas de las que se alimentan y dispersando esporas. También tienen un papel importante en la degradación del estiércol (Iraola, 2001).
Pseudoescorpiones	Forman parte de la cadena alimentaria de los suelos y tienen un papel importante como depredadores activos, ofreciendo un uso potencial en el control de plagas (Donovan y Paul, 2005; Read et al., 2014).
Isópodos	Juegan un papel importante en el reciclaje de nutrientes (Leistikow, 2001; Hunter et al., 2003; Leistikow y Araujo, 2006; Quadros y Araujo, 2007.); al ser detritívoros (Leistikow y Araujo, 2006), son fundamentales como componentes de la fauna del suelo (Lopes et al., 2005).
Coleópteros	A través de la manipulación de las excretas durante el proceso de alimentación, estos coleópteros producen funciones vitales en el ecosistema, como la dispersión de semillas, el reciclaje de nutrientes y la supresión de parásitos. Muchas de estas funciones ecológicas proporcionan valiosos servicios al ecosistema, como el control de enfermedades y la fertilización del suelo (Crespo, 2013).
Himenópteros	Juegan un papel importante como polinizadores y en la lucha biológica contra las plagas en los cultivos agrícolas, se han demostrado eficaces en determinados programas de control biológico, principalmente sobre poblaciones de áfidos, lepidópteros, dípteros y otros hemípteros (Bañol, 2013).
Lepidópteros	Son importantes como polinizadores pues la mayoría de adultos visitan flores para alimentarse. Por otro lado, son un importante grupo de insectos en la agricultura ya que muchas especies constituyen plagas, causando daño en su estado de larva por su alimentación (Zumbado y Azofeifa, 2018).

Arácnidos	Importantes agentes de control biológico de especies plaga tales como áfidos, larvas de lepidópteros, ortópteros, homópteros, algunos coleópteros y pequeños dípteros en distintos agroecosistemas (Armendano y González, 2011).
Poduromorpha	Fraccionan y trituran los restos vegetales, participan en la formación de sustancias húmicas estimulan el crecimiento de gérmenes microbianos, participan en el control y dispersión de los microorganismos. Son reguladores de los procesos de degradación de la materia orgánica (Arbea y Blasco, 2001).
Escolopendromorfos	Por ser depredadores generalistas, mantienen limitadas las poblaciones de muchos otros artrópodos epigeos, algunos de los cuales tienen el potencial de convertirse en plagas para el hombre o de afectar a otras especies (Cupul, 2013).
Crassiclitellata*	Son muy importantes en la dinámica edáfica, dado que con sus actividades influyen directa e indirectamente en procesos edáficos como la incorporación de hojarasca al suelo, la descomposición de los materiales orgánicos, la aireación y el reciclaje de nutrientes, entre otros (Juárez y Fragoso, 2014).

* señala que es perteneciente a Annelida.

Cuadro 17. Índice de diversidad de Margalef en las parcelas (testigo y tratamiento con cobertura de rastrojo) antes del cultivo de tomate cherry.

	Testigo antes del cultivo	Tratamiento con cobertura de rastrojo antes del cultivo
Índice de Margalef	2.41	1.84

Después de la cosecha del cultivo de jitomate cherry, en la parcela del testigo se encontraron diez morfoespecies de las cuales son artrópodos de clase Malacostraca, Collembola, Insecta, Symphyla, Arachnida, Chilopoda y, también la clase Clitellata perteneciente a los anélidos (Cuadro 18). En la parcela del tratamiento con cobertura de rastrojo se encontraron diez morfoespecies de las cuales son artrópodos de clase Collembola, Diplopoda, Malacostraca, Insecta, Symphyla, Arachnida; también se encontró la clase Clitellata perteneciente a los anélidos (Cuadro 19) los organismos de ambos cultivos presentan funciones de acuerdo a su Orden (Cuadro 20).

Cuadro 18. Organismos (artrópodos y anélidos) presentes en la parcela del testigo después del cultivo de tomate cherry.

Subfilo	Clase	Subclase	Orden	Suborden	Familia	Subfamilia	Género
*	Clitellata	Oligochaeta	Crassiclitellata		Acanthodrilidae		Dichogaste
Crustacea	Malacostraca		Isopoda	Oniscidea	Porcellionidae		Porcellio
Hexapoda	Collembola		Poduromorpha		Onychiuridae	Onychiurinae	
Hexapoda	Insecta		Dermaptera				
Hexapoda	Insecta						
Myriapoda	Symphyla				Scolopendrellidae		
Chelicerata	Arachnida		Pseudoescorpiones		Olpidae		
Hexapoda	Insecta		Diptera	Nematocera			
Hexapoda	Collembola		Poduromorpha				
Myriapoda	Chilopoda		Scolopendromorpha				

* señala que es perteneciente al phylum Annelida.

Cuadro 19. Organismos (artrópodos y anélidos) presentes en la parcela del tratamiento con cobertura de rastrojo después del cultivo de tomate cherry.

Subfilo	Clase	Subclase	Orden	Suborden	Familia	Subfamilia	Genero
Hexapoda	Collembola		Poduromorpha		Onychiuridae	Onychiurinae	
Myriapoda	Diplopoda		Polydesmida				Pocellio
Crustacea	Malacostraca		Isopoda	Oniscidea	Porcellionidae		
Crustacea	Malacostraca		Amphipoda				
Hexapoda	Insecta		Dermaptera				
Myriapoda	Symphyla				Scolopendrellidae		
Myriapoda	Symphyla				Scolopendrellidae		
Chelicerata	Arachnida		Araneae		Lycosidae		
Hexapoda	Insecta						
*	Clitellata	Oligochaeta	Crassiclitellata		Acanthodrilidae		Dichogaste

* señala que es perteneciente al phylum Annelida.

Cuadro 20. Función de los organismos encontrados en el testigo y tratamiento con cobertura de rastrojo, después del cultivo de tomate cherry.

Función	
Crassiclitellata*	Son muy importantes en la dinámica edáfica, dado que con sus actividades influyen directa e indirectamente en procesos edáficos como la incorporación de hojarasca al suelo, la descomposición de los materiales orgánicos, la aireación y el reciclaje de nutrientes, entre otros (Juárez y Fragoso, 2014).
Isópodos	Juegan un papel importante en el reciclaje de nutrientes (Leistikow, 2001; Hunter et al., 2003; Leistikow y Araujo, 2006; Quadros y Araujo, 2007.); al ser detritívoros (Leistikow y Araujo, 2006), son fundamentales como componentes de la fauna del suelo (Lopes et al., 2005).
Poduromorpha	Fraccionan y trituran los restos vegetales, participan en la formación de sustancias húmicas estimulan el crecimiento de gérmenes microbianos, participan en el control y dispersión de los microorganismos. Son reguladores de los procesos de degradación de la materia orgánica (Arbea y Blasco, 2001).
Dermápteros	Se alimentan de una gran variedad de materia vegetal y animal, aunque existen algunas especies de hábito predador, las cuales se emplean en control biológico de insectos plaga (Vergara, 2017).
Pseudoescorpiones	Forman parte de la cadena alimentaria de los suelos y tienen un papel importante como depredadores activos, ofreciendo un uso potencial en el control de plagas (Donovan y Paul, 2005; Read et al., 2014).
Dípteros	Son de gran importancia por su diversidad de roles ecológicos como plagas agrícolas, pero también como descomponedores de materia orgánica, polinizadores, depredadores y parasitoides. Los adultos de varias familias visitan flores en busca de polen y néctar (Zumbado y Azofeifa, 2018).
Escolopendromorfos	Por ser depredadores generalistas, mantienen limitadas las poblaciones de muchos otros artrópodos epigeos, algunos de los cuales tienen el potencial de convertirse en plagas para el hombre o de afectar a otras especies (Cupul, 2013).
Polidésmidos	La influencia de estos organismos en el suelo es de tipo física y química, puesto que al perforar el suelo rompen los niveles superiores y alteran la naturaleza física del mismo, incrementan la porosidad, la capacidad de retención de agua e influyen en los procesos de transporte de nutrientes (Bueno, 2012).
Anfípodos	Pocos son de ambientes terrestres, sin embargo, estos son detritivos o herbívoros (Morales, 2020).
Arácnidos	Importantes agentes de control biológico de especies plaga tales como áfidos, larvas de lepidópteros, ortópteros, homópteros, algunos coleópteros y pequeños dípteros en distintos agroecosistemas (Armendano y González, 2011)

El índice de diversidad de Margalef en la parcela del testigo después del cultivo fue de 1.55, mientras que en la parcela del tratamiento con cobertura de rastrojo fue de 1.77 (Cuadro 21).

Cuadro 21. Índice de diversidad de Margalef en las parcelas (testigo y tratamiento con cobertura de rastrojo) después del cultivo de tomate cherry.

	Testigo después del cultivo	Tratamiento con cobertura de rastrojo después del cultivo
Índice de Margalef	1.55	1.77

8.7 Índice beneficio-costo

El costo de producción del testigo fue de \$715 (Cuadro 22) y del tratamiento con cobertura de rastrojo fue de \$1,065 (Cuadro 23), teniendo el testigo un índice de costo-beneficio de 1.73 y el tratamiento de 1.47.

Cuadro 22. Costo de producción del cultivo testigo de tomate cherry bajo condiciones de invernadero.

Insumos	M.N\$
Frutos (semillas)	\$40
Semilleros	\$75
Lombricomposta	\$100
Mano de obra	\$500
Total	\$715

Cuadro 23. Costo de producción del cultivo de tratamiento con cobertura de rastrojo de tomate cherry bajo condiciones de invernadero.

Insumos	M.N \$
Frutos (semillas)	\$40
Semilleros	\$75
Lombricomposta	\$100

Mano de obra	\$750
Rastrojo	\$100
Total	\$1,065

Cuadro 24. Beneficio de la producción del cultivo de tomate cherry bajo condiciones de invernadero.

	Peso (kg)	Precio en el mercado/ beneficio \$M.N
Mercado	1	200
Tomate cherry (testigo)	6.19	1,238
Tomate cherry (tratamiento con cobertura de rastrojo)	7.87	1,574

Cuadro 25. Índice costo-beneficio del cultivo de tomate cherry bajo condiciones de invernadero .

	Testigo	Tratamiento con cobertura de paja
Índice beneficio/costo	1.73	1.47

8.8 Variables microclimáticas

8.8.1 Temperatura

En el invernadero se presentó una temperatura mayor a los 20 °C grados durante las once primeras semanas del cultivo, mientras que, en las últimas cuatro semanas semanas hubo una disminución en la temperatura (Fig 21). La temperatura promedio del 22 de julio al 28 de octubre fue de 22. 11 °C.

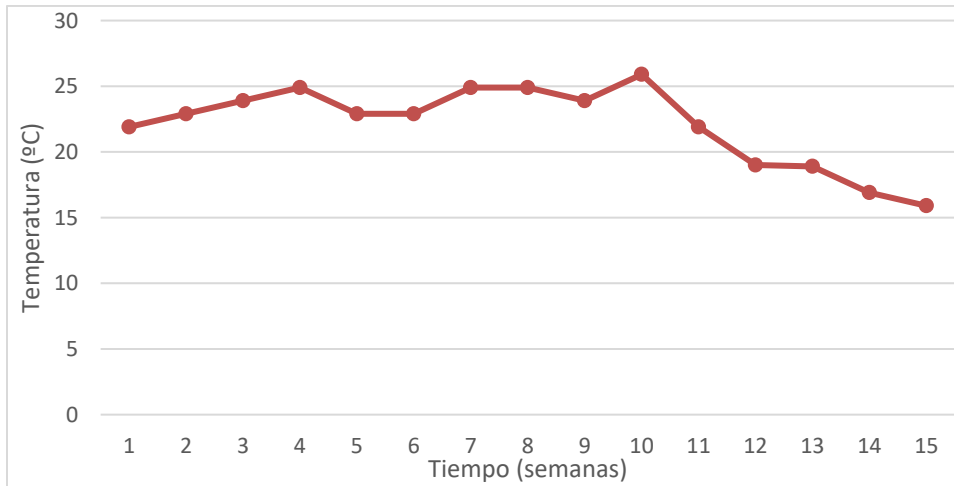


Figura 21. Temperatura del invernadero de cultivo de tomate cherry en testigo y tratamiento con cobertura de rastrojo.

8.8.2 Humedad

La humedad en el invernadero durante las primeras once semanas fue menor al cuarenta porciento, mientras que, en las últimas cuatro semanas aumentó (Fig 22). La humedad promedio del 22 de julio al 28 de octubre fue de 45.53%.

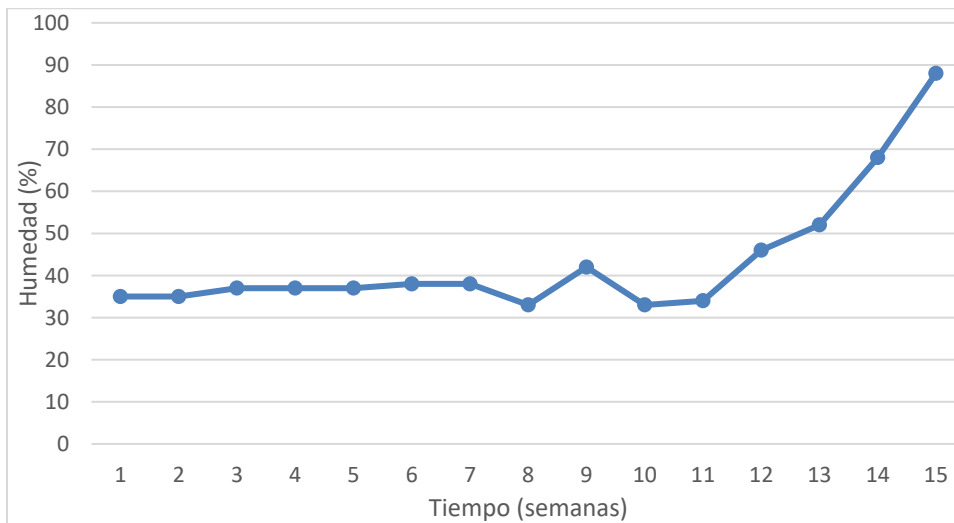


Figura 22. Humedad del invernadero de cultivo de tomate cherry en testigo y tratamiento con cobertura de rastrojo.

En la novena semana se presentó el hongo *Fusarium oxysporum*, tanto en el cultivo testigo como en el cultivo de tratamiento con cobertura de paja (Fig 23). El hongo se presentó en cinco repeticiones del cultivo testigo, mientras que en el cultivo de tratamiento con cobertura de rastrojo afecto a tres repeticiones.



Fig 23. Cultivo testigo y tratamiento con cobertura de rastrojo de tomate cherry con hongo *Fusarium oxysporum*. Letra A corresponde a hojas afectadas, letra B al tallo afectado y la letra C al fruto afectado.

8.9 pH

Tanto en el sustrato del cultivo testigo como en el cultivo de tratamiento con cobertura de rastrojo se registró un pH alcalino del 22 de julio al 28 de octubre. En el sustrato del testigo se tuvo un pH promedio 8.35 y en el tratamiento con cobertura de rastrojo fue de 8.21 (Fig 24).

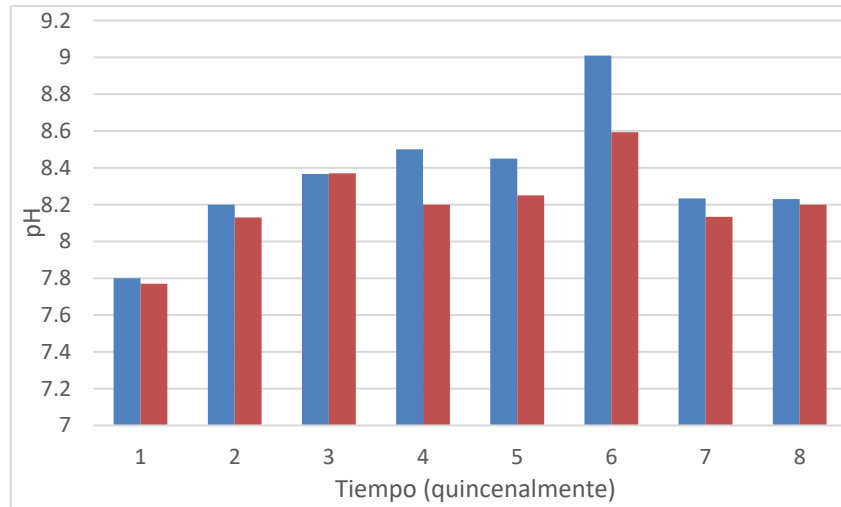


Figura 24. pH en el sustrato del cultivo testigo y del tratamiento con cobertura de rastrojo. Cultivo testigo (azul), tratamiento con cobertura de rastrojo (rojo).

8.10 Conductividad eléctrica

En las primeras tres quincenas se tuvo una disminución de la conductividad eléctrica tanto en el sustrato del cultivo testigo como en el cultivo del tratamiento con cobertura de rastrojo, sin embargo, a partir de la cuarta quincena empezó a elevarse el valor de manera similar en ambos cultivos. El cultivo testigo presentó en promedio 3.6 dS/m y el cultivo de tratamiento con cobertura de rastrojo 3.34 dS/m (Fig 25) teniendo un suelo ligeramente salino de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000 (Luiselli, 2002).

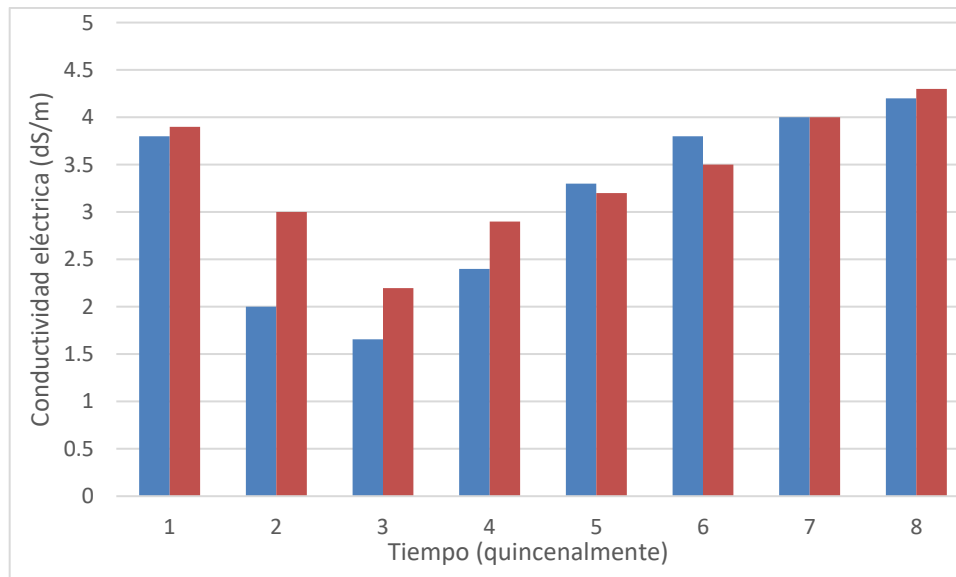


Figura 25. Conductividad eléctrica del sustrato del cultivo testigo y del tratamiento con cobertura de rastrojo. Cultivo testigo (azul), tratamiento con cobertura de rastrojo (rojo).

IX. Análisis de resultados

9.1 Composición nutrimental del suelo

Los resultados obtenidos coinciden con lo mencionado por Sánchez (2003), ya que se encontró mejor mineralización de la materia orgánica en el tratamiento con la cobertura de rastrojo. El tratamiento con cobertura de rastrojo presentó una mejor absorción de los minerales nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y boro (B). El nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y agua son considerados como los principales factores limitantes del crecimiento, desarrollo del cultivo y, posteriormente, del rendimiento económico en el tomate y cualquier otro cultivo (Glass, 2003; Parry *et al.*, 2005).

El nitrógeno (N) es el nutriente mineral requerido en elevadas cantidades y su disponibilidad es un factor importante que limita el crecimiento y el desarrollo de las plantas (Kraiser *et al.*, 2011), la producción de hortalizas demanda gran cantidad de este mineral (Ehaliotis *et al.*, 2010). La deficiencia de este elemento provoca una

clorosis en las hojas inferiores y en caso de deficiencias agudas, éstas caen prematuramente y la clorosis se regulariza en toda la planta. En hortalizas como la lechuga, el tomate y el apio la deficiencia de nitrógeno se manifiesta en hojas pequeñas y de color verde amarillento. El exceso de nitrógeno ocasiona maduración dispareja en el fruto de los tomates, los cuales presentan tintes amarillos y verdes alrededor del cáliz.

El fósforo (P) es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, tiene una gran variedad de funciones biológicas básicas: es elemento estructural de muchas moléculas como en los ácidos nucleicos y fosfolípidos; además desempeña un papel fundamental en el metabolismo energético, en la activación metabolismo intermedio, transducción de señal y regulación de enzimas (Wang *et al.*, 2008). La deficiencia de fósforo afecta el desarrollo debido a que la producción de proteínas es muy baja y la síntesis de almidón, celulosa y sacarosa se reducen. Un efecto notorio de la deficiencia de fósforo es la reducción de la expansión celular (Marschner, 1998), razón por la cual, las plantas pueden presentar enanismo (Salisbury, 1992).

El calcio (Ca) es un elemento esencial porque interviene en la estabilidad de la membrana plasmática y en la integridad de la célula, en forma de pectatos de calcio. Estos pectatos le confieren consistencia y cierto grado de rigidez a la pared celular. Igualmente, preserva la estructura de las membranas celulares al regular su permeabilidad. La presencia de pectatos de calcio en las paredes celulares protege los tejidos contra el ataque de hongos. Por otra parte, es un elemento importante en el crecimiento del tubo polínico. La deficiencia de este elemento impide el desarrollo de la planta, ya que los tejidos meristemáticos de la parte aérea y la raíz se afectan por división celular incompleta. Como consecuencia, las hojas y las raíces nuevas se desarrollan con deformaciones (Marschner, 1998). En frutos de tomate, el período crítico para la absorción del calcio, es cerca de dos semanas después de la anthesis, cuando la tasa de crecimiento del fruto es alta, por lo tanto, días nublados en esta etapa conllevan a la pudrición apical del mismo (Clover, 1991).

El magnesio (Mg) tiene funciones importantes dentro de la planta: es el átomo central de la molécula de la clorofila, interviene en la síntesis de proteínas, en el metabolismo del fósforo, en la respiración y en la activación de varios sistemas enzimáticos en las plantas. Entre estos sistemas se tiene la fructuosa 1, 6 difosfatasa, la cual regula la síntesis del almidón (Marschner, 1998). La deficiencia de magnesio se caracteriza por una clorosis de las hojas bajas. Si la deficiencia continua, la clorosis se generaliza en toda la planta (White, 1987).

El sodio (Na) es considerado un elemento beneficioso por tres aspectos: es esencial para ciertas especies, puede remplazar funciones del potasio en las plantas y tiene un efecto positivo en el desarrollo vegetal (Marschner, 1998). En cuanto a las funciones del sodio y el potasio, algunas plantas pueden aumentar su masa seca con sodio aunque existan deficiencias de potasio. Pero, la absorción de grandes cantidades de sodio por las raíces puede crear dificultades para la toma de otros elementos como el potasio o el fósforo (Barceló *et al.*, 1995).

El papel de boro (B) en la nutrición de las plantas es de los menos comprendidos. Sin embargo, es conocido que la deficiencia de boro inhibe la elongación de la raíz y la síntesis de ADN. Igualmente, la deficiencia de boro induce la acumulación de fenoles que al ser activados por la luz producen radicales superóxidos que pueden dañar las membranas. Es esencial para germinación de los granos de polen y el crecimiento de tubo polínico. Por otra parte, su deficiencia se observa en las yemas más jóvenes, las cuales se decoloran y pueden morir. Esto promueve la proliferación de brotes con entrenudos cortos dando la apariencia de una roseta. También, puede ocurrir clorosis intervenal en las hojas maduras. Así mismo, se puede registrar un incremento en diámetro de los pecíolos y tallos de las hortalizas, y caída de yemas y frutos en desarrollo (Marschner, 1998).

Los minerales que presentaron una absorción similar entre el testigo y el tratamiento fueron potasio (K) e hierro (Fe) (Cuadro 5). Los cultivos protegidos como el tomate

presentan una alta demanda de potasio (K) para obtener mayor rendimiento y calidad del fruto (Genuncio *et al.*, 2010), ya que este elemento es uno de los principales nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Ashley *et al.*, 2006); es definido como el “nutriente de calidad” para la producción de cultivos, su función principal en la planta es el mantenimiento de la presión osmótica y el tamaño de la célula, lo que influye en la fotosíntesis y en la producción de energía, así como en la apertura de los estomas, suministro de dióxido de carbono, la turgencia de la planta y la traslocación de nutrientes (Bhaskarachary, 2011). En plantas deficientes de potasio hay disminución en los niveles de almidón y aumento de compuestos nitrogenados solubles. La deficiencia de este nutriente produce un estancamiento en el desarrollo de la planta: los entrenudos de los tallos son cortos y los tallos resultan débiles, así mismo, la producción de granos y frutos se ve afectada. En el fruto, la presencia de potasio asegura un buen contenido de azúcares, ácidos y aroma. En forma general, la deficiencia de potasio en frutos disminuye la acidez, aumenta la respiración y, por lo tanto, induce el deterioro (White, 1987).

El hierro (Fe) es un elemento asociado con el desarrollo de los cloroplastos, la síntesis de ferredoxina y de la clorofila. La ferredoxina actúa en varios procesos metabólicos como la fotosíntesis y la reducción del nitrógeno. En condiciones de crecimiento controladas, aproximadamente el 80% de hierro está localizado en los cloroplastos de hojas de rápido desarrollo, lo cual evidencia la importancia de hierro en la fotosíntesis (Estrada, 1997). La deficiencia de hierro se caracteriza porque las plantas desarrollan una clorosis intervenal pronunciada. Debido a que este elemento es poco móvil dentro de la planta, los síntomas de deficiencia aparecen en las hojas jóvenes de la parte superior de la misma (Medina, 1999).

Los minerales que presentaron una absorción mayor en el cultivo testigo fueron: el cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn). El cobre (Cu) junto con el hierro y el magnesio interviene en la síntesis de la clorofila. Se suministra en forma de quelatos en la solución fertilizante. Hace parte de numerosas enzimas, entre las cuales se

destacan las siguientes: 1) plastocianina, la cual tiene por función la transferencia de electrones en el fotosistema I. En general, más del 50% del cobre localizado en los cloroplastos esta ligado a la plastocianina; 2) citocromo oxidasa, actúa en el transporte de electrones en las mitocondrias y, por tanto, en los ciclos respiratorios; y 3) polifenol oxidasas, involucradas en la biosíntesis de lignina y alcaloides y en la formación de sustancias melanóticas, que actúan como fitoalexinas inhibiendo la germinación de esporas y el crecimiento de hongos. En condiciones de deficiencia, la disminución en la actividad de las enzimas es drástica y está correlacionada con la acumulación de fenoles y el decrecimiento de la formación de sustancias melatónicas. En las plantas deficientes de cobre se presenta marchitamiento en las hojas jóvenes, lo cual resulta en dificultades en el transporte de agua, debido a una insuficiente lignificación de las células del xilema. Es importante en la fotosíntesis, por lo que su deficiencia repercute en bajas tasas fotosintéticas y, por lo tanto, bajos niveles de carbohidratos (Marschnel, 1998).

El zinc (Zn) es importante, porque es constituyente de la enzima anhidrasa carbónica, que cataliza la formación de ácido carbónico a partir de dióxido de carbono (CO₂) y agua. Por otra parte, esta enzima esta localizada en los cloroplastos como en el citoplasma. Este micronutriente se requiere para el mantenimiento de las biomembranas, donde forma complejos con grupos fosfolípidos y sulfidrilos, protegiendo los lípidos de membrana y proteínas frente a daños oxidativos, por lo tanto, su deficiencia ocasiona un aumento en la permeabilidad de las membranas. Otra función importante, es que hace parte del aminoácido aromático triptófano, precursor de las auxinas. En plantas de tomate con deficiencia de zinc, hay retardo en elongación del tallo, lo que esta correlacionado con una disminución de síntesis del ácido indol-3-acético (AIA) (Marschnel, 1994). La deficiencia de zing comienza en las hojas jóvenes, las cuales presentan un amarillamiento progresivo y disminución del tamaño de la hoja (White, 1987). La disponibilidad de este nutriente aumenta con la disminución del pH y la presencia de sulfato. Mientras que su disponibilidad disminuye a pH básico (Lora, 1994).

El manganeso (Mn) es importante en el proceso fotosintético, ya que junto con el cloro, participa en la fotólisis del agua. Aunque la deficiencia de este elemento no es común, es importante tener en cuenta que este es un elemento poco móvil en la planta y su deficiencia se manifiesta primero en las hojas jóvenes (Marschnel, 1998).

9.2 Variables microclimáticas

9.2.1 Temperatura

La temperatura ha sido altamente correlacionada con ciertos parámetros de la calidad de tomate como: firmeza, conductividad eléctrica, contenido de sólidos solubles y de compuestos fenólicos totales, y ha sido moderadamente correlacionado con el pH, peso seco, acidez y contenido de vitamina C (Riga *et al.*, 2008).

La temperatura tiene un papel importante en el desarrollo fenológico y la productividad de los cultivos. La alta temperatura influye en los cultivos en la maduración temprana (Awal y Ikeda, 2003). La temperatura óptima de desarrollo del cultivo oscila entre 20 °C y 30 °C durante el día y entre 10 °C y 17 °C durante la noche. Durante las once semanas de cultivo en este trabajo, se presentó una temperatura óptima para el cultivo, ya que superó los 20 °C, y las plantas de tomate se desarrollan mejor con temperaturas de entre 18 °C y 24 °C (Díaz, 2007). sin embargo, en la doceava semana se presentó un decremento de la temperatura hasta la quinceava semana (18, 18, 16 y 15° C respectivamente). Esta disminución de temperatura no afectó al desarrollo de las plantas, las cuales ya se encontraban en su etapa reproductiva. El inicio del cultivo fue en verano, sin embargo, el 22 de septiembre empezó el otoño, justo en la decima semana del cultivo, lo que explica el descenso de temperatura.

9.2.2 Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el tomate de día y noche oscila entre 75 a 85%, debido a que estos valores permiten una adecuada transpiración y procesos relacionados con el desarrollo y crecimiento (León, 2006). En este trabajo se presentó durante once semanas una humedad relativa menor al 40% en el invernadero, se logró un óptimo desarrollo de los cultivos, ya que, se ha reportado que la humedad relativa puede ser menor en el interior de la casahuate o invernadero con respecto al exterior (Gutiérrez *et al.*, 2007).

Sin embargo, en las últimas semanas la humedad relativa se incrementó (46%, 52%, 68% y 88% respectivamente), esto fue consecuencia del inicio del verano, sin embargo, el 22 de septiembre empezó el otoño (décima semana), aumentando por esto, la humedad relativa.

La humedad relativa alta en tomate, reduce al material vegetal seco total y el área foliar total; mientras que el aumento de la distribución de materia seca en los tallos es debido a la reducción del área foliar (Del Amor y Marcelis, 2006), y de igual manera, la humedad relativa superior al 80% favorece la permanencia de enfermedades aéreas, el agrietamiento del fruto y dificulta la fecundación, ya que el polen se humedece y hay aborto floral (Infoagro Systems S.L., 2016).

9.3 Características del sustrato

9.3.1 pH

El tomate crece adecuadamente en un pH de 5.0 a 6.8, y es medianamente tolerante a la salinidad (Infoagro Systems S.L., 2016), sin embargo, el tomate cherry es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego (Escalona *et al.*, 2009).

El pH del testigo denota la presencia de carbonato de calcio (CaCO_3) además de un posible exceso de sodio intercambiable en el suelo. En cuanto al tratamiento con

cubierta de rastrojo también indica la presencia de carbonato de calcio (CaCO_3) (Castellanos, 2000). En ambos cultivos, el pH fue mayor de 7, donde puede disminuir la disponibilidad del hierro, manganeso, zinc y cobre (Barbaro *et al.*, 2019) (Fig 26). Sin embargo, el tomate cherry es una especie que cultivada en condiciones de invernadero tolera de mejor manera las condiciones de salinidad, tanto de suelo como de riego (Escalona *et al.*, 2009).

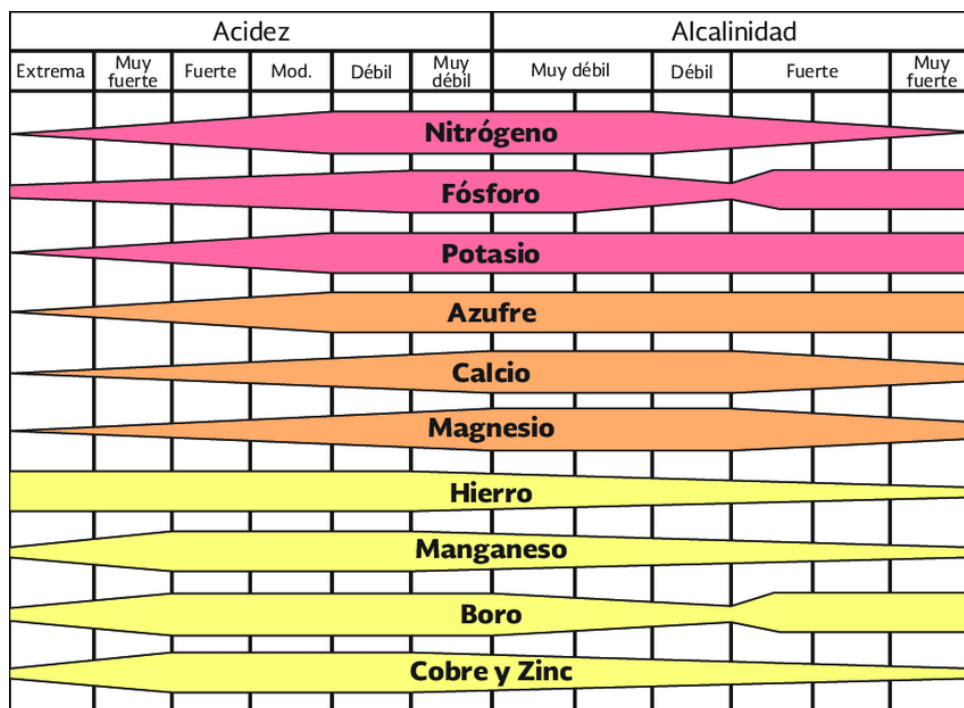


Figura 26. Disponibilidad de los elementos nutrimentales del suelo con respecto al pH (Ibáñez, 2007).

9.3.2 Conductividad eléctrica

Los tomates pueden desarrollarse con una conductividad eléctrica hasta de 2.5 dS/m sin reducción de la producción (Mercedes, 2023). En el testigo se tuvo un valor menor a 2.5 dS/m en la segunda, tercera y cuarta quincena, mientras que en el tratamiento con cobertura de rastrojo solo se obtuvo un valor menor de 2.5 dS/m en la tercera quincena. En las quincenas restantes se obtuvieron valores mayores a 2.5 dS/m.

Altos niveles de conductividad eléctrica pueden provocar reducción en el tamaño del fruto, da aumento en azúcares igual que el contenido de ácidos en el fruto mejorando el sabor, incrementa la firmeza del fruto y el grosor del epicarpio (piel), mejorando la vida de almacenamiento, proporciona reducción de la harinosidad del fruto entero, mejorando la textura y da aumento en el contenido de pigmentos, mejorando la coloración (Mercedes, 2023).

La séptima y octava quincena del cultivo de testigo y tratamiento se alcanzó valores de 4 dS/m, por lo que, los sustratos fueron salinos según la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (Luiselli, 2002), lo que provocan la reducción del crecimiento del cultivo. Sin embargo, tanto en el sustrato del testigo como del tratamiento con cubierta de rastrojo, no alcanzó 5 dS/m, siendo esto importante, ya que superar 5 dS/m provocará una disminución en la concentración de pigmentos (Mercedes, 2023).

9.4 Hongos patógenos

Entre las enfermedades más importantes que afectan al cultivo del tomate se encuentra la marchitez vascular, cuyo agente causal es *Fusarium oxysporum*, responsable de pérdidas en los rendimientos de hasta un 60%, afectando también la calidad del producto; es un hongo de temperatura cálidas el desarrollo óptimo se presenta a 20 °C, pero se puede presentar en un rango de 12 a 28°C. Esta temperatura acompañada de alta humedad relativa, días cortos de baja intensidad lumínica favorecen el desarrollo de la enfermedad (Amaral *et al.*, 2008).

Los primeros síntomas de la enfermedad son el amarillamiento del follaje, comenzando con la caída de las hojas. Las hojas infectadas posteriormente muestran un encrespamiento bajo, seguidamente se oscurecen y se secan. La parte superior de la planta se marchita durante el día y se recupera en la noche, pero el marchitamiento empeora hasta que la planta se marchita completamente observándose el oscurecimiento vascular en los tallos y los pecíolos infectados de las hojas grandes. Las plantas afectadas y sus sistemas de raíces se atrofian. El

patógeno puede estar en el suelo como saprófito durante muchos años sin un hospedante (Cerkauskas, 2005).

En este trabajo, el hongo *Fusarium oxysporum* afectó más a las plantas del cultivo testigo (más del 50%), en comparación con el cultivo del tratamiento con cubierta de rastrojo (aproximadamente 33%) disminuyendo el rendimiento de ambos cultivos.

El cultivo de tratamiento con cobertura de rastrojo presentó una mejor resistencia a este hongo, debido a la absorción de calcio (Ca) en el sustrato (Cuadro 5), teniendo como consecuencia la presencia de pectatos de calcio en las paredes celulares que protege los tejidos contra el ataque de hongos (Marschner, 1998).

9.5 Variables morfológicas

Las plantas de tomate cherry cuando alcanzan la total madurez pueden alcanzar una altura aproximada de 2 metros (Escalona *et al.*, 2009). En este trabajo, el cultivo testigo se presentó una altura de 2 m, mientras que en el cultivo de tratamiento con cubierta de rastrojo presentó 2.17 m, y aunque fue mayor a la altura del testigo, en ambos casos las plantas se desarrollaron de acuerdo a lo que marca la literatura.

La cobertura foliar indica la captación de luz, ya que, mientras mayor cobertura foliar presenten las plantas, mayor será la fracción de radiación interceptada y mayor será la fotosíntesis (Bertsch, 1980; Shibles y Weber, 1965). En este trabajo la cobertura foliar del cultivo testigo y del cultivo de tratamiento con cobertura de rastrojo no presentó diferencias estadísticas significativas. En ambos casos la cobertura foliar alcanzó su mayor valor en la catorceava semana, lo cual indica que la cobertura de rastrojo no mejora la fotosíntesis.

En la última semana en el cultivo testigo se tuvo una disminución de la cobertura foliar, mientras que en el cultivo del tratamiento la cobertura foliar se mantuvo. La pérdida de follaje de las plantas en las últimas semanas, fue consecuencia de la

senescencia de las hojas (Cerdas y Montero, 2002), además de la pérdida de follaje en este caso, en parte también fue por la presencia del hongo *Fusarium oxysporum*, que afectó más al testigo.

El diámetro del tallo determina la vigorosidad de la planta, influye en la sanidad, resistencia al viento y capacidad de sostén de ramas y hojas. El diámetro del tallo de las plantas de tomate cherry puede alcanzar valores de 3-4 cm en su base (Escalona *et al.*, 2009). El cultivo testigo tuvo 1.98 cm de diámetro del tallo y el cultivo de tratamiento con rastrojo tuvo 2.3 cm en la quinceava semana, aunque el tratamiento obtuvo un valor mayor, ambos cultivos tuvieron valores próximos a los proporcionados en la literatura.

9.6 Tasa de crecimiento relativo

La tasa relativa de crecimiento (TCR), definida como la ganancia de biomasa en el tiempo, es una de las principales variables para el análisis del crecimiento en plantas (Alameda y Villar, 2009). En este trabajo, la TCR tanto del testigo como del tratamiento no tuvo una diferencia estadística significativa (Cuadro 8). La TCR del testigo nos dice que el cultivo creció 9.9 cm/semana y en el cultivo del tratamiento creció 10.4 cm/semana.

En el cultivo de tratamiento presentó una mayor TCR debido a una mejor absorción de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), siendo estos, nutrimentos principales para el crecimiento y desarrollo de cualquier cultivo. El desempeño de las plantas se incrementa a través de adaptaciones morfológicas y fisiológicas cuando están en diferentes ambientes (Villar *et al.*, 2004). El tener un mayor desarrollo en el cultivo de tratamiento, también se debe a que la cobertura de rastrojo controló el crecimiento de malezas en el cultivo, como menciona Najul y Anzalone (2006), lo que brindó un desarrollo adecuado de las plantas de tomate cherry.

9.7 Rendimiento agrónomico

En este trabajo el tiempo de floración en antesis fue similar en el tratamiento con cubierta de rastrojo y el testigo, coincidiendo con lo indicado en la literatura (Haifa, 2014) desarrollándose correctamente. El tiempo de fructificación fue similar en el testigo y tratamiento, correspondiendo a el tiempo de fructificación indicado por Fornaris (2007).

En este trabajo, el tratamiento presentó mayor número de frutos por racimo (10-19 frutos) que el testigo (9-15 frutos), al igual que los frutos por planta presentaron mayores valores en el tratamiento (promedio de 79.11 frutos) a comparación del testigo (promedio 60.78 frutos), aunque dos de las nueve repeticiones del tratamiento se evaluaron solo dos racimos, ya que el tallo de las plantas de tomate cherry se cortaron con el tutor por estar muy tensas.

Sin embargo, en el tercer racimo se obtuvo la mejor producción, esto se debe a que se tenían las condiciones más óptimas de temperatura y humedad. En el cuarto racimo se presentó una disminución de frutos en ambos cultivos, ya que no se tenía la temperatura óptima (debido al cambio de estación de verano a otoño).

En el rendimiento en peso el tratamiento presentó valores mayores tanto por racimo como planta. Aunque el tercer racimo presentó un mayor número de frutos en ambos cultivos, el segundo racimo presentó el mayor rendimiento en peso en ambos cultivos. Los primeros dos meses después del trasplante, el pH tanto del sustrato testigo como del tratamiento fue de 7.8 A 8.5, teniendo mejor disponibilidad de absorción del calcio (Ca), el período crítico para la absorción del calcio, es cerca de dos semanas después de la antesis, cuando la tasa de crecimiento del fruto es alta (Clover, 1991).

En el rendimiento por área, el tratamiento presentó un mayor rendimiento en peso en las tres repeticiones realizadas, pero, se presentó el menor rendimiento en el testigo, en las plantas que fueron afectadas por el hongo *Fusarium oxysporum*.

La producción de tomate cherry por planta es de 6.3 Kg (López, 2016), en este trabajo el rendimiento total del cultivo testigo fue de 6.192 Kg, mientras que el cultivo de tratamiento con cobertura de rastrojo fue 7.878 Kg, aumentando la producción un 27.22% en relación con el testigo, sin embargo se evaluó la producción hasta el quinto racimo, por lo que, el rendimiento por planta sería mayor. En ambientes protegidos de producción hortícola, más conocido como invernadero, se puede obtener hasta 10 Kg de tomate cherry por planta, a diferencia de lo que se da en cultivos bajo cielo abierto (Caballero, 2016).

El rendimiento en peso total fue mayor en el tratamiento que en el testigo, sin embargo, se presentó una disminución en la producción de ambos cultivos, pero mayormente en el cultivo testigo. El pH del sustrato del tratamiento fue alcalino llegando hasta 8.6, sin embargo, el sustrato del testigo alcanzó un pH de 9, disminuyendo la disponibilidad de absorción de fósforo (P), hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B), cobre (Cu) y zinc (Zn). La deficiencia de fósforo (P) afecta al desarrollo debido a que la producción de proteínas baja y la síntesis de almidón, celulosa y sacarosa se reducen; la deficiencia de hierro (Fe), manganeso (Mn) y cobre (Cu) se caracteriza porque las plantas desarrollan una clorosis intervenal pronunciada en las hojas jóvenes; la deficiencia de boro (B) provoca decoloración en las yemas jóvenes y clorosis intervenal en las hojas; y, la deficiencia de zinc (Zn) provoca un amarillamiento progresivo de sus hojas así como la disminución de tamaño de hojas. Por lo que, la falta de estos nutrientes y el hongo *Fusarium oxysporum* provocó la debilitación de las plantas de tomate cherry, afectando el rendimiento en ambos cultivos.

9.8 Grados Brix

Los grados Brix son un indicador que mide la cantidad de azúcares que tiene un alimento, por lo que, este es un factor que define la calidad interna de las frutas y hortalizas. Esos grados Brix toman más importancia en los frutos, en donde valores óptimos determinan una buena comercialización, ejemplos de estos cultivos pueden

ser el melón, la sandía o el tomate cherry, entre otros (HEROGRRA, 2020). El tomate cherry debe presentar un valor de 5.41 a 7.58 de grados Brix, para ser considerado de buena calidad (Domene y Segura, 2014).

En este trabajo, el cultivo testigo presentó valores de grados Brix de 5.28 a 7.67, siendo el segundo racimo el de mayor valor, y teniendo como promedio 6.49 grados Brix, estando dentro de los valores óptimos (Domene y Segura, 2014). En el cultivo de tratamiento con cobertura de rastrojo presentó valores de 6.28 a 8.44, el segundo, tercer y cuarto racimo presentaron un valor mayor a lo mencionado por Domene y Segura (2014), y teniendo como promedio un promedio 7.52 grados Brix.

Para conseguir una mayor acumulación de azúcares en el fruto, es necesario que la planta encuentre un alta nivel de nutrientes en el suelo, por lo que, en el momento de la maduración del fruto se debe optimizar, especialmente la nutrición potásica; de esta manera se consigue potenciar la etapa de fructificación del cultivo, obteniendo una mayor calidad y coloración de los frutos y un aumento de su tamaño (HEROGRRA, 2020).

Los valores de grados Brix del testigo y tratamiento mostraron una buena calidad del fruto, en ambos cultivos se presentó una buena absorción del potasio (K), asegurando en el fruto de ambos cultivos un buen contenido de azúcares, ácidos y aroma (White, 1987).

9.9 Índice beneficio/costo

En este trabajo, el índice beneficio/costo del testigo fue de 1.73 y del tratamiento de 1.47, lo cual representa que ambos cultivos son rentables económicamente. Para los costos de este trabajo, en el cultivo testigo como en el tratamiento se consideraron los insumos: frutos orgánicos de tomate cherry para la obtención de semilla, semilleros, lombricomposta, rastrojo para el tratamiento y mano de obra, en donde ésta última representa el mayor costo de producción, debido a que se calculó con base en las horas laboradas desde la siembra hasta la última cosecha.

El tratamiento registró el mayor costo de producción debido al uso de rastrojo y la mano de obra para su colocación en el cultivo, pero el rendimiento de cada cultivo y el precio del tomate cherry fue lo que determinó su rentabilidad.

En los cultivos de tomate cherry se utiliza la cubierta con plástico con riego por goteo, ya que incrementa el rendimiento hasta en 26.7 t-ha⁻¹ y se ahorran 1800 m³ de agua con respecto al suelo desnudo de riego por superficie; así mismo se incrementa el beneficio económico para los agricultores hasta en 145% (Ibarra *et al.*, 2004). Sin embargo, tiene como desventaja el elevado costo, ya que el acolchado plástico cuesta aproximadamente entre 275 a 300 dólares (\$4,675 pesos a \$5100 pesos) por hectárea, incluyendo la instalación, remoción y eliminación (MGraw y Motes, 2004). En Sinaloa se propuso utilizar la cobertura de rastrojo para los cultivos, ayudando así, a disminuir la práctica de quema de rastrojo (Díaz, 2022).

Los cultivos orgánicos tienen un mayor precio en los grandes almacenes, también en los cultivos de especialidad o gourmet (Karak y Bhattacharyya, 2011). También se recomienda el uso de cobertura de rastrojo para evitar la erosión en cultivos que no se lleven a cabo en invernaderos (Ferreira *et al.*, 2010), sin embargo, si se usa el rastrojo con fines ganaderos se tendrá una menor disposición para su uso en cultivos (Caballero *et al.*, 2017).

9.10 Macrofauna del sustrato

9.10.1 Artrópodos presentes en bocashi y rastrojo

En este trabajo, en las muestras de bocashi se encontraron pseudoescorpiones, isópodos y lepidópteros, y se presentó un índice de diversidad de Margalef de 0.75, por lo indica una muy baja diversidad. Los pseudoescorpiones, comúnmente pueden ser encontrados habitando la hojarasca, bajo rocas y piedras, en la corteza de árboles vivos, troncos caídos, en descomposición, forman parte de la cadena alimentaria de los suelos y tienen un papel importante como depredadores activos, ofreciendo un uso potencial en el control de plagas (Donovan y Paul, 2005; Read *et*

al., 2014). Los isópodos terrestres o “cochinillas de humedad”, juegan un papel importante en el reciclaje de nutrientes (Leistikow, 2001; Hunter et al., 2003; Leistikow y Araujo, 2006; Quadros y Araujo, 2007); al ser detritívoros (Leistikow y Araujo, 2006), son fundamentales como componentes de la fauna del suelo (Lopes et al., 2005), por otro lado, estos organismos se han observado consumiendo hojas de hortalizas (Saluso, 2013), sin embargo, no se presentó este problema. Aunque los lepidópteros en fase larvales son herbívoros, los adultos se alimentan del néctar de las flores, recogiendo el polen, por lo que se les reconoce como agentes polinizadores importantes, también como descomponedores de materia orgánica (Zumbado y Azofeifa, 2018).

En la muestra de rastrojo solo se presentaron dípteros que, resultan ser de gran importancia por su diversidad de roles ecológicos como plagas agrícolas, pero también como descomponedores de materia orgánica, polinizadores, depredadores y parasitoides. Los adultos de varias familias visitan flores en busca de polen y néctar (Zumbado y Azofeifa, 2018). Al solo tener una especie se presentó un índice de Margalef de 0. Por lo antes mencionado, los microorganismos en las muestras de bocashi y rastrojo resultan ser beneficiosos para el cultivo.

9.10.2 Artrópodos presentes en las parcelas del testigo y tratamiento antes del cultivo

En las muestras del testigo y tratamiento con cubierta de rastrojo antes del cultivo de tomate cherry, se presentaron pseudoescorpiones, himenópteros y crassicitellata (anélidos). Los himenópteros son un grupo importante de enemigos naturales de los áfidos (plaga más abundante y frecuente de la hortaliza tomate) por lo que, han sido usados extensivamente en programas de control biológico y manejo integrado de plagas (Berta *et al.*, 2002). Las lombrices de tierra (Crassicitellata) son muy importantes en la dinámica edáfica, dado que con sus actividades influyen directa e indirectamente en procesos edáficos como la incorporación de hojarasca al suelo, la descomposición de los materiales orgánicos, la aireación y el reciclaje de nutrientes, entre otros (Juárez y Fragoso, 2014).

Además, en el testigo se presentó mesostigmata, isópodos, coleópteros y lepidópteros. Los ácaros (mesostigmata) son buenos indicadores del suelo debido a las interacciones dentro de los agroecosistemas, además de ser usados como controladores biológicos de organismos perjudiciales (Iraola, 2001). Los coleópteros a través de la manipulación de las excretas durante el proceso de alimentación, producen funciones vitales en el ecosistema, como el reciclaje de nutrientes y la supresión de parásitos, muchas de estas funciones ecológicas proporcionan valiosos servicios al ecosistema, como el control de enfermedades y la fertilización del suelo (Crespo, 2013).

Mientras que en el tratamiento se presentó arácnidos, poduromorpha y escolopendromorfos. Los arácnidos en los agroecosistemas son depredadores de insectos considerables perjudiciales, pueden atacar a distintas especies plaga al mismo tiempo, por lo que, permite reducir y mantener a las poblaciones de insectos plaga por debajo de los umbrales de daño económico (Armendano y González, 2011). Los colémbolos (poduromorpha) al ser reguladores de los procesos de degradación de la materia orgánica (Arbea y Blasco, 2001) están relacionados con suelos con mayor materia orgánica, tanto en hábitats naturales como sitios cultivados, por lo que, son indicadores de suelos óptimos (Mendoza *et al*, 1999). Los escolopendromorfos son depredadores generalistas, mantienen limitadas las poblaciones de muchos otros artrópodos epigeos que tiene potencial de convertirse en plaga (Cupul, 2013). Por las funciones que tiene los organismos encontrados, se tenían condiciones óptimas en ambos sustratos, tanto para el testigo como para el tratamiento, permitiendo que estos cultivos se desarrollaran de manera correcta. El índice de Margalef menor a 2 indica baja diversidad, en este caso el tratamiento, mientras que el testigo es mayor a 2, por lo que tiene una diversidad moderada.

9.10.3 Artrópodos presentes en las parcelas del testigo y tratamiento después del cultivo

En las muestras del testigo y tratamiento con cubierta de rastrojo, después del cultivo de tomate cherry, se presentaron isópodos, dermápteros, lombrices de tierra (Crassiclitellata) y colémbolos (Poduromorpha), todos estos organismos tienen funciones como degradadores de materia orgánica, aunque existen algunas especies de hábito predador, son formadores de suelo principalmente, lo que indica un sustrato óptimo en ambos cultivos.

Además, en el testigo se presentaron pseudoescorpiones, dípteros y escolopendromorfos; estos organismos tienen funciones como depredadores de insectos con potencial de plaga, así como degradadores de materia orgánica, sin embargo, algunos dípteros pueden llevar a convertirse en plaga, pero teniendo en cuenta a los pseudoescorpiones y escolopendromorfos, no representó un problema en el cultivo testigo.

Mientras que en el tratamiento con cobertura de rastrojo se presentaron arácnidos, polidésmidos y anfípodos. Los polidésmidos o milpiés son fragmentadores y comedores de materia vegetal en descomposición, y por la deposición de sus heces liberan componentes nitrogenados que estimulan la acción de las bacterias responsables de hasta 90% del trabajo químico durante los procesos de descomposición de la materia, por lo que, son considerados como ingenieros del ecosistema (Bueno, 2012). Los anfípodos de ambientes terrestres son escasamente conocidos, ya que se establecen en suelos ricos en materia en descomposición de la cual se alimentan, y se encuentran en condiciones húmedas (Morales, 2020), por esta razón encontraron condiciones óptimas en el tratamiento debido a que hay una mayor descomposición de materia orgánica y humedad.

Algunos dermápteros se alimentan de gran variedad de vegetales como apio, acelga, coliflor, pepino, lechuga, papa y el tomate, sin embargo, la presencia de insectos depredadores tales como arácnidos e isópodos evitaron daños al cultivo

en tratamiento. El índice de Margalef en el testigo y el tratamiento indica baja diversidad debido a que el valor fue menor a 2. Solo se encontraron tres órdenes diferentes en el tratamiento en relación al testigo arácnidos, polidésmidos y anfípodos, donde en los primeros destacan depredadores de organismos plaga y en los otros dos principalmente mejoradores de las características físicas del suelo, y descomponedores de la materia orgánica.

X. CONCLUSIONES

- La macrofauna presente en los cultivos de tomate cherry, tanto en el testigo como del tratamiento, tiene organismos descomponedores de materia orgánica y formadores del suelo (colémbolos, lombrices de tierra, isópodos y dermápteros), sin embargo, en el cultivo con cobertura de rastrojo se encontraron artrópodos controladores de plagas potenciales (arácnidos, polidésmidos y anfípodos), además de diplópodos que favorecen la disponibilidad de nitrógeno, mejorando el crecimiento de las plantas de cultivo.
- La cobertura con rastrojo mejoró la composición nutrimental del sustrato, a lo largo del cultivo, lo cual resultó en un mejor rendimiento de frutos. El tratamiento aumentó el rendimiento del cultivo de tomate cherry en un 18.34%, mejorando la concentración de grados Brix de 2 a 2.5 unidades, demostrando una mejor calidad del fruto.
- El índice costo-beneficio para el tratamiento y el testigo resultaron rentables económicamente.

XI. Referencias

- Aguilera, D. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. Universidad de la Habana, Cuba. Cofín Habana, 12, 322-343.
- Alapin, H. (2008). Rastrojos y algo más. Historia de la siembra directa en Argentina. Buenos Aires. *Mundo agrario*, 12(23), 00.
- Alameda, D., & Villar, R. (2009). Moderate soil compaction: Implications on growth and architecture in seedlings of 17 woody plant species. *Soil Tillage Research*, 103(2), 325-331.
- Amaral DOJ, Magalhaes M, Vilela L, Vanusa M. (2008). Differential gene expression induced by salicylic acid and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* infection in tomato. *Pesq Agrop Bras*. 43(8): 1017-1023.
- Arbea, J & Blasco, J. (2001). Ecología de los Colémbolos (Hexapoda, Collembola) en Los Monegros (Zaragoza, España). *Aracnet 7 -Bol. S.E.A.*, nº 28: 35—48.
- Armendano, A, & González, A. (2011). Efecto de las arañas (Arachnida: Araneae) como depredadoras de insectos plaga en cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*) (Fabaceae) en Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 59(4), 1651-1662. Disponible en http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000400018&lng=en&tlng=en
- Ashley, K; Grant, M & Grabov, A. (2006). Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins. *Journal of Experimental Botany*, 57(2): 425-436.
- Awal, M., & Ikeda, T. (2003). Effect of elevated soil temperature on radiation-use efficiency in peanut stands. *Agricultural and Forest Meteorology*. 118 (1-2), 63-74.
- Bahena, J. (2008). Enemigos naturales de las plagas agrícolas del maíz y otros cultivos. SAGARPA. Primera edición. Michoacán, México.
- Barbaro, L., Karlanian, M., y Mata, D. (2019). Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los Sustratos para Plantas. INTA. Argentina. 11 p.
- Barceló, C; Nicolás, R; Sabater, G & Sánchez, T. (1995). Nutrición mineral. En: *Fisiología vegetal*. 7 ed. Ediciones Pirámide S. A. Madrid, p 151-167.
- Bañol, C. (2013). Contribución del conocimiento de la entomocenosis en un cultivo ecológico de cítricos: “Hymenoptera Parasitica de Aphididae (Hemiptera)”. Universidad Autónoma de Barcelona.

- Bautista, N. (2006). Insectos plaga, una guía ilustrada para su identificación. Colegio de Postgraduados. México.
- Bedano, J., Domínguez, A., & Arolfo, R. (2011). Assessment of soil biological degradation using mesofauna. *Soil & Tillage Research*, 117, 55-60.
- Berta, D. C., Colomo, M. V., & Ovruski, N. E. (2002). Interrelaciones entre los áfidos colonizadores del tomate y sus himenópteros parasitoides en Tucumán (Argentina). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 28(1), 67-77.
- Bertsch, F. (1980). Análisis del crecimiento y la nutrición vegetal. Turrialba, C.R., CATIE. 23 p.
- Bhaskarachary, K. (2011). Potassium and human nutrition: The soil-plant-human continuum. *Karnataka J. Agric. Sci.* 24(1): 39-44.
- Brusca, R., & Brusca, G. (2002). Invertebrates. Sunderland, Massachusetts. Segunda edición. Sinauer Associates, Inc.
- Borror, D., Triplehorn, C., & Johnson, N. (1989). An introduction to the study of insects. Sexta edición. Thomson Learning Inc.
- Bueno, J. (2012). Diplópodos: los desconocidos formadores de suelo. *CONABIO. Biodiversitas*, 102:1-5.
- Caballero, D. (2016). Invernadero: Obtienen hasta 10 kilos de tomate por planta. Última hora 50 VERDAD. Disponible en línea en <https://www.ultimahora.com/invernadero-obtienen-10-kilos-tomate-planta-n972640#:~:text=En%20ambientes%20protegidos%20de%20producción,a%203%20kilos%20por%20planta>.
- Caballero, S., Moreno, J., Reyes, A., Valdez, J., López, J., Trujillo W., & Trujillo, J. (2017). Competencia del uso del rastrojo de maíz en sistemas agropecuarios mixtos en Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(1), 91-104. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.74>
- Castellanos, J.Z. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. Segunda edición. Intagri, S.C. Guanajuato, México. 226 p.
- Castro, A., Morón, M., & Aragón, A. (2006). Diversidad, importancia y manejo de escarabajos edafícolas. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Primera edición. Chiapas, México.
- Cegarra, J., Hernández, M., Lax, A. & Costa, F. (1983). Adición de residuos vegetales a suelos calizos. II. Influencia sobre la capacidad de retención hídrica y las propiedades de intercambio iónico. *An. Edafol. Agrobiol.*, 42 (1-2), 235-244.

- Cerdas, M. & Montero, M. (2002). Manual del manejo poscosecha de tomate. Convenio Poscosecha CNP-UCR-MAG. San José, Costa Rica, pp 95. Disponible en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-poscosecha-tomateintrod.pdf
- Cerkauskas R. Fusarium Wilt. (2005). (En línea) Disponible en <http://www.avrdc.org/pdf/tomato/fusarium.pdf>
- Cervantes, J., Lomeli, J., Terrón, R., & Rodríguez, S. (2003). Fundamentos de control biológico en México. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Primera edición. México.
- Cestoni, F., De Jovel, G & Urquilla, A. (2006). Perfil de negocios de tomate cherry o cereza hacia el mercado de los Estados Unidos (en línea). El Salvador. pp 73. Disponible en http://www.academia.edu/7215115/PERFIL_DE_NEGOCIOS_DEL_TOMATE_CHERRY_O_CEREZA_HACIA_EL_MERCADO_DE_LOS_ESTADOS_UNIDOS
- Clover, A. (1991). A new theory on calcium transport. *Grower* 7: 3-5.
- Correa, L. (2008). Pastoreo de rastrojos de maíz y soja en cría bovina intensiva. Publicación Miscelánea N° 41. EEA Oliveros, Centro Regional Santa Fe, Argentina: IMTA. pp 1-7.
- Crespo, G., (2013). Funciones de los organismos del suelo en el ecosistema de pastizal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 47(4),329-334.[fecha de Consulta 2 de Febrero de 2024]. ISSN: 0034-7485. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193029815001>.
- Cole, L., McCracken, D., Downie, I., Dennis, P., Foster, G., Waterhouse, T., Murphy, K., Griffin, A., & Kennedy, M. (2005). Comparing the effects of farming practices on ground beetle (Coleoptera: Carabidae) and spider (Araneae) assemblages of Scottish farmland. *Biodiversity and Conservation*, 14, 441-460.
- Coleman, D., Crossley, D., Hendrix, P. (2004). *Fundamentals of Soil Ecology*. Second edition. Elsevier Academic Press, 387.
- Cupul, F. (2013). La diversidad de los ciempiés (Chilopoda) de México. *Universidad de Guadalajara. Dugesiana* 20(1): 17-41.
- Del Amor, F., & Marcelis, L. (2006). Differential effect of transpiration and Ca supply on growth and Ca concentration of tomato plants. *Scientia Horticulturae*. 111, 17-23. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.07.032>
- Díaz, C. (2007). Caracterización Agro cadena de Tomate. Dirección Regional Central Occidental. M.A.G. Grecia, Costa Rica. pp 46.

- Díaz, M. (2022). De 10 a 15 mil pesos es el valor del rastrojo por hectárea. Divulgación-CIMMYT. México, Sinaloa. Disponible en <https://idp.cimmyt.org/de-10-a-15-mil-pesos-es-el-valorastrojoporhectarea/#:~:text=De%2010%20a%2015%20mil,rastrojo%20por%20hectárea%20-%20CIMMYT%20%7C%20IDP>
- Díaz, T. & Hernández, D. (2003). Comportamiento de la germinación de las semillas tratadas con cloro (Cl) (en línea). Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova. Cuba. pp 63-66. Disponible en <http://www.utm.mx/temas/temas-docs/nota4t19.pdf>
- Domene, M., Segura, M. (2014). Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria. Caja Mar DN Agro. Disponible en línea en <https://www.cajamar.es/storage/documents/005-calidad-interna-1410512030-cc718.pdf>
- Donovan, B. y Paul, F. (2005). Pseudoscorpions: the forgotten beneficials inside beehives and their potential for management for control of varroa and other arthropod pests. *Bee World*, 86, 83–87. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2005.11417322>
- Ehaliotis, C, Massas, I & Pavlou, G. (2010). Efficient urea-N and KNO₃-N uptake by vegetable plants using fertigation. *Agronomy for Sustainable Development*. 30(4): 763-768.
- Ekboir, J. (2001). Sistemas de Innovación y Política Tecnológica: Siembra Directa en MERCOSUR. En: R. Díaz (ed.), Siembra directa en el Cono Sur. pp. 1-19. Montevideo, Uruguay: PROCISUR
- Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C. & Martin, A. (2009). Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Innova Chile. CORFO. Pp 15-36, 56-62.
- Escobar, H. & Lee, R. (2009). Manual de producción de tomate bajo invernadero (en línea). v.2. 2 ed. Bogotá, Colombia. pp 180. Disponible en pdf-manual_produccion_de_tomate_-_pag.-_web-11-15.pdf
- Estrada, G. (1997). Caracterización y preparación de fertilizantes líquidos para fertirrigación. En: Fertirrigación. Silva M, F. Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo, Bogotá, p 61-72.
- Eyhorn, F., Heeb, M. & Weidmann, G. (2002). Manual de capacitación en agricultura orgánica para los trópicos. Bonn, Alemania: IFOAM/FiBL. pp 26-33.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). (2007). Manual de manejo poscosecha de frutas Tropicales (en línea). Roma, Italia. pp 136. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-ac304s.pdf>

- Ferreira, A. O., Gonzatto, R., Miola, A., Eltz, F. L. F., & Amado, T. J. C. (2010). Influência da declividade e de níveis de cobertura do solo no processo de erosão com chuva simulada. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, 5(5), 32.
- Flores, L., Escoto, J., Flores, F., & Hernández, A. (2008). Estudio de la biodiversidad de artrópodos en suelos de alfalfa y maíz con aplicación de biosólidos. *Investigación y Ciencia. Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 40, pp 11-18.
- Forján, H & Manso, L. (2018). Los rastrojos de cultivo y sus efectos sobre el suelo. *Agrobarrow*. 62 pp 16-19.
- Fornaris, G. (2007). Conjunto Tecnológico para la producción de Tomate de Ensalada. Estación Experimental Agrícola. Puerto Rico.
- Genuncio, G; Silva, R; Sa, N; Zonta, E & Araujo, A. (2010). Production of tomato cultivars in hydroponics and fertigation with different ratios between nitrogen and potassium. *Horticultura Brasileira*. 28(4): 446-452.
- Gibbs, J., & Stanton, E. (2001). Habitat fragmentation and arthropod community change: carrion beetles, phoretic mites and flies. *Ecological Applications*, 11, pp 79-85.
- Glass, A. (2003). Nitrogen use efficiency of crop plants: physiological constraints upon nitrogen absorption. *Crit. Rev. Plant Sci.* 22: 453-470.
- Govaerts, B., Sayre, K., & Deckers, J. (2006). A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. *Soil Till. 87*, 163–174.
- Gutiérrez, M., Chinchilla, C., & Jiménez, K. (2007). Respuesta de Nueve Palmas Ornamentales a la Suspensión del Riego bajo un Gradiente de Sombra. *Agronomía Costarricense*. 31(1), 21-31.
- Haifa, C. (2014). Recomendaciones nutricionales para tomate en campo abierto, acolchado o túnel e invernadero (en invernadero) (en línea). Miami, Estados Unidos de América. 39 p. Disponible en http://www.haifa-group.com/spanish/files/Languages/Spanish/Tomate_2014.pdf
- Hartmann, H., & Kester, D. (1990). Propagación de plantas. Principios y prácticas. 4a. impresión. México: CECOSA.
- Hellin, J., & Haigh, M. (2002). Better land husbandry in Honduras: towards the new paradigm in conserving soil, water and productivity. *Land Degrad. Dev.* 13, 233-250.

- HEROGRA. (2020). Factores de calidad en frutos: grados Brix. HEROGRA ESPECIALES. España. Disponible en línea en <https://herograespeciales.com/factores-de-calidad-en-frutos-grados-brix/>
- Hoffmann, W., & Poorter, H. (2002) Avoiding Bias in Calculations of Relative Growth Rate. *Annals of Botany*, 90, 37-42. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf140>
- Hunter, M. ADL, S. Pringle, C. Y Coleman, D. (2003). Relative effects of macroinvertebrates and habitat on the chemistry of litter during decomposition. *Pedobiologia*. 47:2 - 6.
- Ibarra, L., Flores, J., Quezada, M., & Zermeño, A. Acolchado, riego y microtúneles en tomate, chile anaheim y chile pimiento. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 10 (2), 179-187.
- Ibáñez, J. (2007). Disponibilidad de los nutrientes por las plantas, pH del suelo y el complejo cambio o absorbente. Un universo invisible bajo nuestros pies. Disponible en <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/05/09/65262>
- Infoagro Systems S.L. (2016). El cultivo de tomate: Parte I. (en línea). Madrid, España. s.p. Disponible en http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate__parte_i_.asp
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). (2014). Manejo integrado de plagas. Cultivo de tomate: Guía MIP (en línea). Managua, Nicaragua. pp 66. Disponible en <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/GUIA%20MIP%20tomate%202014.pdf>
- Iraola, V. (2001). Introducción a los Ácaros (II): Hábitats e importancia para el hombre. *Universidad de Navarra. Bol. S.E.A.*, no 28 (2001) : 141—146.
- IPNI. (2012). 4R Plant Nutrition Manual: A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition. T.W. Bruulsema, P.E. Fixen, G.P. Sulewski. (eds.) International Plant Nutrition Institute, Norcross, Georgia, USA.
- Juárez, R & Fragoso, C. (2014). Comunidades de lombrices de tierra en sistemas agroforestales intercalados, en dos regiones del centro de México. *Acta zoológica mexicana*, 30(3), 637-654. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372014000300013&lng=es&tlng=es
- Judson, M. L. I. (2005). Baltic amber fossil of *Garypinus electri* Beier provides first evidence of phoresy in the pseudoscorpion family Garypinidae (Arachnida: Chelonethi). En D. V. Logunov y D. Penney (Eds.), *European Arachnology 2003*

(Proceedings of the 21st European Colloquium of Arachnology, St. Petersburg, 4-9 August 2003 (pp. 127–131). Moscú: KMK Scientific Press.

- Karak, T., & Bhattacharyya, P. (2011). Human urine as a source of alternative natural fertilizer in agriculture: A flight of fancy or an achievable reality. *Resources Conservation and Recycling*. 55(4):400-408.
- Kloepper, J. (1994). Plant growth-promoting rhizobacteria (other systems). In: *Azospirillum/ Plant Association*. Okon J. (ed.). Boca Raton, FL. CRC Press. pp. 137-169.
- Kraiser, T; Gras, D; Gutierrez, A; Gonzales, B & Guitierrez, R. (2011). A holistic view of nitrogen acquisition in plants. *Journal of Experimental Botany*. 62 (4): 1455-1466.
- Kremen, C., Colwell, R., Erwin, T., Murphy, D., Noss, R., & Sanjayan, M. (1993). Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conservation Biology*, 7, 796-908.
- Leistikow, A. (2001). Phylogeny and biogeography of South American Crinocheta traditionally placed in the family "Philosciidae" (Crustácea: Isópoda: Oniscidea). Frankfurt and Bielefeld University's. Alemania. Org. Divers. Evol.1, Electr. Suppl. 4, (2001): 1-85. Web site, Gesellschaft fur Biologische Systematik. Disponible en: <http://www.senckenberg.uni-frankfurt.de/odes/01-04.html>.
- Leistikow, A. y Araujo, P. (2006). The systematic position of *Benthanoscia longicaudata* Lemos de Castro, 1958 (Isopoda: Oniscidea). *Systematics and Biodiversity*. 4 (3):243 - 254.
- León, G. (2006). Guía para el cultivo de tomate en invernadero. Segunda edición. Chihuahua, México.
- Lopes E. R. C. Souza, M. Bond-Buckup, G. y Araujo, P. B. (2005). Oniscidea diversity across three environments in a altitudinal gradients in northeastern Rio grande del sur, Brazil. *European Journal of Soil Biology*. 41: 99-107.
- López, A. (2015). Agricultura ecologica. Recuperado de <http://es.slideshare.net/analogu/agricultura-ecologica-53055859>
- López, L. (2016). MANUAL TÉCNICO DEL CULTIVO DE TOMATE *Solanum lycopersicum*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Costa Rica. pp 32-67.
- Lora, S. (1994). Factores que afectan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. En: Fertilidad de suelos. Silvia M., F. Sociedad colombiana de la Ciencia del Suelos, Bogotá, p. 29-56.

- Luiselli, C. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de los suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría del medio ambiente y recurso naturales.
- Luna, M. (2010). Rendimiento de maíz en un año lluvioso y uno seco. *Investigación Científica*, 6, 1-13.
- Macedo, R. (2000). Análisis del sistema de alimentación pecuario rastrojo de maíz alimenticio pecuario (*Zea mays* L.) – pasto estrella (*Cynodon plectostachyus* P.) en la Universidad de Colima: tesis doctoral]en línea[zona norte del estado de Colima.
- Márquez, C., Cano, P., Chew, Y., Moreno, A., & Rodríguez, N. (2006). Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *REVISTA CHAPINGO SERIE HORTICULTURA*, 12 (2),183-188. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60912208>
- Marschner, H. (1998). Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil*. 159: 89-102.
- McGraw, D., & Motes, J. (2004). Use of plastic mulch and row covers in vegetable production. Fact Sheet F-6034. OSU Extension Facts. Oklahoma Cooperative Extension Service.
- Medina, A. (1999). Manejo de la nutrición en el rosal después de la cosecha de San Valentin. En: Mantenimiento de plantas de Rosa, curso de actualización profesional. Lee, R. Centro de Investigaciones y asesorías agroindustriales Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Chia, p. 31-48
- Mendoza, S, Villalobos, F, Ruiz, L & Castro, R. (1999). Patrones ecologicos de los colembolos en el cultivo de maiz en Balun Canal, Chiapas, México. *Acta Zool. Mex.* (n.s.)78: 83-101.
- Mercedes, I. (2023). Salinidad en la producción de tomate. Yara. España, madrid. Disponible en línea en <https://www.yara.es/nutricion-vegetal/tomate/salinidad/#:~:text=Los%20tomates%20tienen%20una%20tolerancia,sin%20reducción%20de%20la%20producción.>
- Monardes, H. (2009). Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill): Características botánicas. Origen (en línea). Chile. Universidad de Chile pp 13. Disponible en http://www.cepoc.uchi le.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf
- Morales, R. (2011). Respuesta de la cebolla (*Allium cepa*) en cutercer ciclo al uso de lombricomposta en dos sistemas de producción a cielo abierto. Universidad Autónoma agraria. Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5077/T18701%20MORALES%20SOSA,%20ROBERTO%20TESIS.pdf?sequence=1>

- Morales, C. (2020). Descripción de la población de anfitríos en composta para jardín, Comitán de Domínguez, Chiapas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Disponible en <https://repositorio.unicach.mx/bitstream/handle/20.500.12753/2044/tesis%20cesar%20morales%20imprimir.pdf?sequence=1>
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, VOL. 1. Zaragoza. España.
- Monge, J. (2016). Liro 42: Generalidades del híbrido. Informe técnico. Alajuela, Costa Rica. Almatropic S.A. pp 1.
- Muñoz, F. (2011). Producción, valor nutricional y aprovechamiento del rastrojo de maíces. Colegio de]en línea[nativos en la región de Libres-Serdán, Puebla, México. Postgraduados: tesis de maestría.
- Najul, C., & Anzalone, A. (2006). Control de malezas con cobertura vegetal en el cultivo de la Caraota negra (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bioagro*, 18(2), 75-82.
- Padilla, B. & Goyes, R., (2004). Botánica. Generalidades, Morfología y Anatomía de plantas superiores. Universidad del Cauca Consultado de [https://www.researchgate.net/publication/305566736 Botanica Generalidades Morfologia y Anatomia de plantas superiores](https://www.researchgate.net/publication/305566736_Botanica_Generalidades_Morfologia_y_Anatomia_de_plantas_superiores)
- Parry, M; Flexas, J & Medrano, H. (2005). Prospects for crop production under drought: research priorities and future directions. *Ann. Appl. Biol.* 147: 211-226.
- Pedigo, L. (2001). Entomology and pest management, 4 ed. Prentice Hall, New Jersey, 742.
- Pérez, J. & Lafarga, A. (2008). Ahorro y eficiencia energética de agricultura ITG Agrícola. pp 11-31.
- Quadros, A.F. y Araujo. P.B. (2007). Ecological traits of two neotropical oniscideans (Crustacea: Isopoda). *Acta Zoológica Sílica*. 53(2):241 - 249.
- Ramírez, A. & Volke, H. (1999). Estratificación del potencial productivo del maíz en la región oriente del estado de Tlaxcala. *Terra*, 17, 131-138.
- Read, S., Howlett, B. G., Donovan, B. J., Nelson, W. R. y Van Toor, R. F. (2014). Culturing chelifers (Pseudoscorpions) that consume Varroa mites. *Journal of Applied Entomology*, 138, 260–266. <https://doi.org/10.1111/jen.12096>
- Reyes, Luis., Camacho, T. & Guevara, F. (2013). Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico Núm. 7. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. i-viii, pp 1-242.

- Reyes, I. & Valery, A. (2007). Efecto de la fertilidad del suelo sobre la microbiota y la promoción del crecimiento Del maíz (zea mays l.) Con azotobacter spp. *Bioagro*, 19(3), 117-126. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612007000300001&lng=es&tlng=es.
- Riga, P., Anza, M., & Garbisu, C. (2008). Tomato quality is more dependent on temperature than on photosynthetically active radiation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88: 158-166.
- Rodríguez, L., & Morón, M. (2010). Plagas del suelo. Universidad Autónoma de Chapingo. Primera edición. Mundi Prensa México, S. A. De C.V.
- Ross, H. (2000). American insects. A handbook of the insects of America north of Mexico. Universidad de Florida. Segunda edición. CRC Press LLC.
- SAGARPA. (2009). Aprovechamiento de esquilmos y subproductos en la alimentación de ganado [en línea]. Distrito Federal, México. Sistemas de Agronegocios Pecuarios.
- SAGARPA. (2017). Jitomate mexicano. Planeación agrícola nacional 2017-2030. Ciudad de México, México. Consultado en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257077/Potencial-Jitomate.pdf>
- Salisbury, F. (1992). C 1994 "Fisiología Vegetal". *Grupo Editorial Iberoamericana*. SA México, 759.
- Saluso, A. (2013). Isópodos terrestres asociados al cultivo de soja en siembra directa. INTA EEA Paraná. Argentina. Disponible en: www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion_vegetal/soja/evaluacion_manejo/Soja_Isopodos.Pdf.
- Sánchez, R. (2003). Efecto de los rastrojos sobre las propiedades físicas y químicas de un suelo vertisol y rendimientos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) en tabasco, México. *Interciencia*, 404-407.
- Sánchez, R. (2015). t-Student: Usos y abusos. *Revista mexicana de cardiología*, 26(1), 59-61. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-21982015000100009&lng=es&tlng=es.
- Shanahan, F., Smith, D., Stanton, T. & Horn, B. (2010). Crop Residues for Livestock Feed. Crop series [en línea]. Collins, Colorado. Colorado State University. pp 117-126.

- Shibles, R.M.; Weber, C.R. 1965. Leaf area solar radiation interception and dry matter production by soybeans. *Crop Science (EEUU)* 5(6): 575-577.
- Socarrás, A. (2013). Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. *Pastos y forrajes*, 36, 5-13.
- Symondson, W., Sunderland, K., & Greenstone, M. (2002). Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annual Review in Entomology*, 47, 561-594.
- Obando N., & McLeod B. (2010). Manual práctico cultivo de hortalizas en Magallanes. Punta Arenas, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 205. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7389>
- Thompson B. (1985). Seedling morphology: what you can tell by looking. *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests*. Duryea M. L., ed. Corvallis, Oregon, FRL, pp. 59-71.
- Vergara, R. (2017). Los dermápteros: elementos para conocerlos en toda su dimensión. *Metroflor-agro. La actualidad técnica de la floricultura colombiana*. Disponible en <https://www.metroflorcolombia.com/los-dermapteros-elementos-para-conocerlos-en-toda-su-dimension/>
- Villar, R., Ruiz-Robledo, J., Quero, J. L., Poorter, H., Valladares, F., & Marañón, T. (2004). Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. En Valladares, F. (Ed.). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante* (pp. 191-227). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Wang, Y; Secco, D & Poirier, Y. (2008). Characterization of the PHOI Gene Family and the Responses to Phosphate Deficiency of *Physcomitrella patens*. *Plant Physiology*. 146: 646-656.
- White, J. (1987). Fertilization. In: *Roses a manual of greenhouse rose production*. Langhans, R.W. Published by Roses Incorporated, Michigan, p. 87- 142.
- Wise, D. (2006). Cannibalism, food limitation intraspecific competition and the regulation of spider populations. *Annual Review in Entomology*, 51, 441-465.
- Van Driesche, R., Hoddle, M., & Center, T. (2008). Control de plagas de malezas por enemigos naturales. *Forest Health Technology Enterprise*, 765.
- Yadav, M., Kumar, R., Parihar, C., Yadav, R., Jat, S. & Ram, H. (2017). Strategies for improving nitrogen use efficiency: A review. *Agricultural Reviews* 38(1):29-40. doi:10.18805/ag.v0iOF.7306.

Zumbado, M. A. y Azofeifa, D. (2018). *Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología*. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO).