



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA



**Rendimiento y calidad del fruto de
jitomate cherry (*Lycopersicum
esculentum* L.) en cultivo intercalar con
borraja (*Borago officinalis* L.)**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA

DARYNKA NAHOMI ACOSTA LÓPEZ

DIRECTORA DE TESIS

DRA. María Socorro Orozco Almanza

Unidad de Investigación en Ecología Vegetal

Ciudad de México

Marzo, 2019

Investigación realizada con el financiamiento de la DGAPA, PAPIIME 205718



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 por estar en cada paso del camino, por guiarme y siempre levantarme, y sobre todo por creer en mí. Los amo.

A mi mamá, por ser la persona más amorosa y siempre estar a mi lado, día a día a pesar de todo, dándome los ánimos que no siempre tenía. Eres un pilar en mi vida, sin ti el camino hubiera sido más difícil.

A mi papá por apoyarme en todo momento y siempre impulsándome a alcanzar mis metas, por darme todo lo que necesitaba y más. Este logro no solo es mío, también es tuyo por la motivación que siempre me has dado.

A Claudia y a Dafne por ser las hermanas, que aunque no siempre las más unidas, siempre me apoyaron y estuvieron ahí en cada paso. Dafne, gracias por aguantarme tanto, sin ti mi vida no tendría tantas alegrías.

A Juan, por un sinfín de aventuras y enseñarme la vida de otra manera. Gracias por apoyarme en tantos momentos, por acompañarme en nuevas experiencias, pero sobre todo gracias por quedarte a mi lado incluso en aquellos (muchos) momentos en los que el estrés y el drama dominaban en mí.

A mi Cuchito porque fue quien estuvo en cada desvelo a mi lado.

AGRADECIMIENTOS

A mi *alma mater* la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme brindado las herramientas posibles para mi desarrollo profesional y darme la oportunidad de tener una segunda casa desde muy temprana edad en Iniciación Universitaria en la Preparatoria No. 2 "Erasmus Castellanos Quinto" donde posteriormente también concluí el bachillerato y finalmente en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

A mi directora de tesis la Dra. María Socorro Orozco Almanza por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto, con su apoyo y paciencia durante mi estancia en el Vivero "Chimalxochipan", gracias por todos los conocimientos transmitidos, y por impulsarme a seguir superándome cada día.

A la maestra María de Jesús Rojas Cortés y al maestro Roberto Ramos Gonzáles por toda su paciencia durante el trabajo y sobre todo por compartir sus conocimientos, por su apoyo y sus consejos.

A mis compañeros del vivero por compartir tantos buenos momentos, por los consejos y las risas que hicieron mi estancia más placentera.

A todos los profesores de la carrera de Biología que me guiaron en cada paso, gracias por su dedicación.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

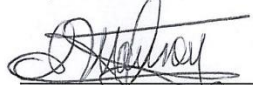
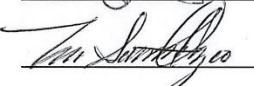
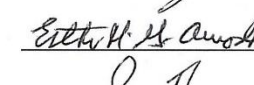
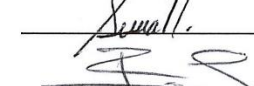
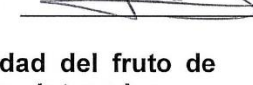
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E.

Comunico a usted que la alumna **ACOSTA LÓPEZ DARYNKA NAHOMI**, con número de cuenta **108000351**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **11 de junio de 2019** a las **09:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

PRESIDENTE	Dr. ARCADIO MONROY ATA	
VOCAL	Dra. MARÍA SOCORRO OROZCO ALMANZA	
SECRETARIO	Dra. ESTHER MATIANA GARCÍA AMADOR	
SUPLENTE	M. en C. BÁRBARA SUSANA LUNA ROSALES	
SUPLENTE	Dr. JORGE ALBERTO GUTIÉRREZ GALLEGOS	

El título de la tesis que presenta es: **Rendimiento y calidad del fruto de jitomate cherry (*Lycopersicum esculentum* L.) en cultivo intercalar con borraja (*Borago officinalis* L.).**

Opción de titulación: Tesis.

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
Ciudad de México, a 21 de mayo de 2019

DR. VICENTE JESUS HERNÁNDEZ ABAD
DIRECTOR



VO. BO.
Dr. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ
JEFE DE CARRERA

RECIBÍ
OFICINA DE EXÁMENES
PROFESIONALES Y DE GRADO

Contenido

I. RESUMEN.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	2
III. MARCO TEÓRICO.....	3
IV. ANTECEDENTES.....	5
4.1 Agricultura orgánica.....	5
4.2 Agricultura orgánica en México y necesidad de generar mercados locales	6
4.3 Prácticas de la agricultura orgánica.....	7
4.4 Cultivos intercalares.....	8
4.5 Criterios de selección para el diseño de cultivos intercalares.....	9
4.6 Taxonomía y morfología.....	10
4.6.1 Jitomate cherry.....	10
4.6.2 Borraja.....	10
4.7 Mecanismos de control de plagas, evasión de enfermedades e incremento de la fertilidad del suelo y el rendimiento en cultivo intercalares.....	11
4.8 Trabajos relacionados con el tema.....	12
V. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	14
VI. HIPOTESIS.....	15
VII. OBJETIVOS.....	15
7.1 Objetivo general.....	15
7.2 Objetivos particulares.....	15
VIII. ZONA DE ESTUDIO.....	16
IX. MATERIALES Y MÉTODO.....	17
9.1 Diagrama de flujo del método.....	17
9.2 Germoplasma.....	17
9.3 Preparación del abono orgánico.....	18
9.4 Preparación de las camas de cultivo.....	18
9.5 Germinación y obtención de plántulas.....	19
9.6 Riego.....	19
9.7 Tutorado.....	20
9.8 Poda.....	20
9.9 Biofertilización.....	21
9.10 Plagas.....	21
9.11 Variables de respuesta.....	22
9.11.1 Morfológicas.....	22
9.11.2 Calidad del fruto.....	22
9.11.3 Índice de Dickson.....	23
9.11.4 Rendimiento.....	23
9.11.5 Índice de cosecha.....	23
9.11.6 Uso eficiente de la tierra.....	23
9.11.7 Coeficiente de robustez.....	24
9.11.8 Tasa de crecimiento relativo.....	24
9.12 Costo de producción.....	24
9.13 Paquete biotecnológico.....	24
9.14 Análisis estadísticos.....	24
X. RESULTADOS.....	25
10.1 Emergencia.....	25
10.2 Supervivencia.....	25
10.3 Variables de crecimiento.....	26
10.3.1 Altura.....	26

10.3.2 Diámetro.....	27
10.3.3 Tasa de crecimiento relativo (TCR).....	28
10.4 Variables de rendimiento.....	29
10.4.1 Tamaño de frutos.....	29
10.4.2 Atributos de rendimiento.....	32
10.4.3 Índice de cosecha.....	32
10.5 Variables morfológicas.....	33
10.5.1 Índice de Dickson.....	33
10.6 Variables fisiológicas.....	34
10.6.1 Grados Brix.....	34
10.6.2 Nitratos.....	34
10.7 Costos de producción.....	35
10.8 Índice costo beneficio.....	38
10.9 Paquete biotecnológico.....	38
XI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	41
11.1 Emergencia y supervivencia.....	41
11.2 Altura, diámetro y tasa de crecimiento relativo (TCR).....	41
11.3 Floración y fructificación.....	42
11.4 Calidad del fruto.....	43
11.5 Índice de Dickson, Índice de cosecha y Uso eficiente de la tierra.....	47
11.6 Rendimiento.....	48
XII. CONCLUSIONES.....	49
XIII. REFERENCIAS.....	50

Índice de Figuras

Fig. 1. Camas de cultivo	18
Fig. 2. A. Semillas de jitomate cherry. B. Almacigo... ..	19
Fig. 3. Cama de cultivo con riego por goteo.....	20
Fig. 4. Planta de jitomate cherry con tutor.....	20
Fig. 5. Biofertilización de las plantas de jitomate	21
Fig. 6 Plagas. A. Pulgón. B. Mosca blanca. C. Gusano barrenador	22
Fig. 7. Emergencia de las plantas de jitomate cherry.....	25
Fig. 8. Camas de cultivo. A. Policultivo. B. Monocultivo.....	26
Fig. 9. Altura de plantas de jitomate cherry para ambos tratamientos.....	27
Fig. 10. Diámetro del tallo central de las plantas de jitomate cherry para ambos tratamientos.....	28
Fig. 11. Tasa de crecimiento relativo de las plantas de jitomate cherry en mono y policultivo.....	29
Fig. 12. Diámetro ecuatorial de los frutos de las plantas de jitomate cherry en mono y policultivo.....	30
Fig. 13. Diámetro polar de los frutos de las plantas de jitomate cherry en mono y policultivo.....	30
Fig. 14. Peso de los frutos de las plantas de jitomate cherry en mono y policultivo.....	31
Fig. 15. Tamaño de los frutos para los dos tratamientos donde se resalta el diámetro polar y ecuatorial	31
Fig. 16. Índice de cosecha para plantas de mono y policultivo.....	33
Fig. 17. Índice de Dickson para plantas de mono y policultivo	33
Fig. 18. Grados Brix para los frutos del mono y policultivo	34
Fig. 19. Nitratos para los frutos del mono y policultivo	35
Fig. 20. Ficha técnica, plan de manejo para cultivo de jitomate cherry en invierno.....	40

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Estudios de manejo del cultivo de jitomate cherry	12
Cuadro 2. Atributos de rendimiento	32
Cuadro 3. Costo de producción del policultivo	36
Cuadro 4. Costo de producción del monocultivo	37
Cuadro 5. Precio de jitomate cherry en el mercado.....	37

I. Resumen

El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de la borraja como cultivo intercalar en el cultivo del jitomate cherry, en su rendimiento y calidad del fruto. Se trabajó con dos tratamientos: monocultivo y un policultivo, los cuales se establecieron en dos parcelas separadas de 6 m² cada una. En el monocultivo la densidad de plantación del jitomate cherry fue de 19 individuos y en el policultivo de 10 plantas de jitomate cherry y seis plantas de borraja. El experimento se llevó a cabo en el Centro de Capacitación en Agricultura Urbana Ecológica en el Campo II de la FES Zaragoza UNAM, durante la temporada otoño-invierno de 2017, a cielo abierto. En ambos tratamientos se utilizó abonó orgánico bokashi, las plantas de jitomate se propagaron por semilla que se trasplantaron a los 33 DDS. La borraja se propagó asexualmente en macetas individuales de 1 Kg y, a los siete días de haber iniciado la propagación, se trasplantaron a la parcela del policultivo. En las plantas de jitomate/ tratamiento, se midieron quincenalmente altura, diámetro del tallo principal, tiempo de floración y fructificación, número de flores y frutos/planta, rendimiento/planta, tamaño del fruto, contenido de grados Brix y concentración de nitratos en frutos. El policultivo, no mejoró el rendimiento del jitomate, pero sí el contenido de grados Brix de los frutos, lo que les da un valor agregado para el consumidor y el mercado local, además también se mejoró el Índice de Robustez de las plantas. Se demostró que el jitomate cherry se puede cultivar durante todo el año, a excepción de enero y febrero donde las heladas pueden ser un factor de riesgo. Por lo anterior se concluye que el policultivo jitomate-borraja, es una asociación positiva y comensalística, en donde en el jitomate se mejora el sabor de los frutos, y la borraja no se ve afectada en su crecimiento, desarrollándose hasta floración y fructificación. El policultivo jitomate-borraja es un ejemplo del manejo holístico del agroecosistema diverso, en donde en uno de los cultivos se mejora la calidad de las plantas y de sus frutos, y en el agroecosistema se promueve la conservación de los polinizadores así como el control de las plagas por medio de enemigos naturales.

II. Introducción

Los crecientes niveles de deterioro de los ecosistemas han obligado a la sociedad a buscar alternativas de producción de alimentos, más amigables con el medioambiente. La Agricultura Orgánica representa una de éstas alternativas, además de presentar en la actualidad un creciente desarrollo, tanto en el ámbito nacional como mundial (SAG, 2013).

La Agricultura Orgánica tiene como objetivo, la conservación de los recursos naturales, con el fin de mantener un medio ambiente sano, un rendimiento y fertilidad del suelo sostenidos y un control natural de plagas, mediante el diseño de agroecosistemas diversificados y el empleo de tecnologías auto-sostenidas. Las estrategias se apoyan en conceptos ecológicos, de tal manera que el manejo da como resultado un óptimo reciclaje de nutrientes y materia orgánica, flujos locales de energía, poblaciones balanceadas de plagas y un uso múltiple del suelo y del paisaje. La idea es aprovechar las complementariedades y sinergias que surgen al combinar cultivos, árboles y animales en diferentes arreglos espaciales y temporales (Altieri y Nocholls, 2000).

En la naturaleza las diversas interacciones ecológicas entre los diferentes seres vivos, son mediadas por señales visuales, olfativas, acústicas y térmicas. Específicamente, las plantas emplean la forma, el color, la estructura y textura, el néctar y los aromas florales para su defensa y reproducción (Grajales-Conesa *et al.*, 2011). Las plantas con flores llamativas y nectaríferas son de gran interés en el diseño de sistemas agroecológicos, ya que éstas promueven la presencia de fauna asociada en los agroecosistemas urbanos y rurales, que por un lado otorgan polinizadores y por otro lado enemigos naturales que controlan a otros organismos que potencialmente pueden llegar a ser plagas de los diferentes cultivos. Dentro de estas plantas se encuentra la borraja (*Borago officinalis* L.) que además de atraer polinizadores al huerto, presenta propiedades medicinales, como capacidad depurativa del sistema digestivo y del torrente sanguíneo (Elorza, 2016).

Por lo que el objetivo de este trabajo fue analizar el efecto del cultivo intercalar jitomate cherry-borraja, en el rendimiento y, calidad del fruto del jitomate cherry, bajo los principios del manejo agroecológico.

III. Marco Teórico

Se estima que la agricultura surge aproximadamente hace unos diez mil años. Desde entonces y hasta principios del siglo XX, las repercusiones ambientales de la agricultura al parecer fueron mínimas; sin embargo, a partir de la Revolución Industrial y de la “Revolución Verde” el impacto de la agricultura en el ambiente y en la salud humana se ha recrudecido. Ciertamente, los problemas derivados de las prácticas agrícolas son tan viejos como la agricultura misma, pero la diferencia radica en la magnitud que actualmente alcanzan (Pérez y Landeros, 2009).

En el contexto de la agricultura mexicana, la horticultura es una de las actividades más dinámicas y con mayor capacidad exportadora (Cih-Dzul *et al.*, 2011). México es el principal proveedor en el nivel mundial de jitomate con una participación internacional de 25.11% del valor de las exportaciones (SAGARPA, 2017).

La superficie total destinada al cultivo de tomate rojo en México registra una tendencia decreciente durante la última década, período en el cual disminuyó a una tasa promedio anual de 3.8 por ciento. En 1980, año a partir del cual se tienen registros, se sembraron 85,500 hectáreas, en el 2000 se sembró un área de 75,900 hectáreas y en 2015 se sembraron 50,596 hectáreas. En condiciones de campo abierto, se cultivan alrededor de 70, 000 ha, siendo los estados de Sinaloa, Morelos, San Luis Potosí, Baja California Norte y Michoacán los principales productores (Gil y Ocampo, 2009).

En México alrededor del 85% de los cultivos son tratados con fertilizantes químicos y específicamente el jitomate recibe altas dosis de estos insumos químicos, especialmente nitrogenados los cuales han probado afectar negativamente al medio ambiente, dando como resultado la degradación del suelo, compactación, salinización y erosión (Gómez, 2013). Pérez y Landeros (2009), establecen que el

uso de fertilizantes con nitrato soluble se traduce directamente en un incremento de nitrato (NO_3^-) en mantos freáticos, lo cual tiene implicaciones negativas en la salud humana y la calidad ambiental; además de que los nitratos y fosfatos provenientes de fertilizantes solubles son causa de eutrofización de ríos y lagos, el cual es proceso de enriquecimiento del agua con nutrientes provenientes de fertilizantes minerales u orgánicos, que produce un crecimiento explosivo de algas y una posterior desoxigenación del agua cuando las algas perecen, efecto que provoca que los organismos acuáticos –como los peces– mueran.

Otro componente tóxico que se utiliza en la agricultura convencional son los plaguicidas, que a pesar de existir varios métodos de control de plagas (biológico, autocida y cultural), el control químico es el más extensamente empleado debido a su rapidez de acción; hecho que redundo en un mayor aseguramiento de la producción de alimentos, pero a un alto costo ambiental y de salud pública. La exposición a plaguicidas puede ocasionar efectos en la salud humana, tanto crónicos como de intoxicación aguda (Pérez y Landeros, 2009).

Altieri y Nicholls (2000), mencionan que el problema con los enfoques agrícolas convencionales es que no han tomado en cuenta las enormes variaciones en la ecología, las relaciones económicas y las organizaciones sociales que existen en la región y, por consiguiente, el desarrollo agrícola no ha estado a la par con las necesidades y potencialidades de los campesinos locales.

Ante la problemática, la agricultura orgánica ofrece alternativas viables adecuadas a cada zona, para recuperar y conservar los recursos, así como la independencia a insumos industrializados, dando como resultado un mejoramiento en la calidad de vida. Mientras que para el manejo de plagas se aplican diversos controles como la rotación, el reciclaje de residuos, el incremento de poblaciones de insectos benéficos, los cultivos trampa, los atrayentes, la diversificación del hábitat y otros (Gómez, 2013).

Practicar cultivos intercalados, puede brindar diferentes beneficios, como si se intercalan plantas con flores, estas pueden atraer polinizadores que mejoran el rendimiento de las plantas y atraer enemigos naturales de plagas, así mismo

pueden mejorar el uso de los recursos como el agua, la asimilación de nutrientes del suelo, y la luz. De aquí que intercalar la borraja planta medicinal con el jitomate cherry puede mejorar el rendimiento y la calidad del fruto.

IV. Antecedentes

4.1 Agricultura Orgánica (AO)

El *Codex Alimentarius* define agricultura orgánica como un sistema holístico de producción que promueve y mejora la salud del agroecosistema, incluyendo la biodiversidad, los ciclos biogeoquímicos y la actividad biológica del suelo, prefiriendo el uso de prácticas de manejo dentro de la finca al uso de insumos externos a ésta, tomando en cuenta que condiciones regionales requieren de sistemas adaptados a las condiciones locales (Lampkin, 2001). Sin embargo, el término agricultura orgánica describe sistemas de producción agrícola además de que es considerado como sinónimo de agricultura biológica, ecológica o alternativa, aunque los cuatro términos enfatizan aspectos diferentes (Céspedes, 2005).

En esencia, el comportamiento óptimo de los sistemas de producción agrícola depende del nivel de interacciones entre sus varios componentes. Las interacciones potenciadoras de sistemas son aquellas en las cuales los productos de un componente son utilizados en la producción de otro componente: malezas utilizadas como forraje, estiércol utilizado como fertilizante, o rastrojos y malezas dejadas para pastoreo animal. Pero la biodiversidad puede también subsidiar el funcionamiento del agroecosistema al proveer servicios ecológicos tales como el reciclaje de nutrientes, el control biológico de plagas y la conservación del agua y del suelo (Altieri y Nicholls, 2000).

La agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional. Más que una tecnología de producción, la agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que se fundamenta no solamente en un mejor manejo del suelo y un fomento al uso

de insumos locales, sino también a un mayor valor agregado y una cadena de comercialización más justa (Lampkin, 2001).

4.2 Agricultura Orgánica en México y necesidad de generar mercados locales

El mercado de alimentos y productos orgánicos se desarrolla y expande de manera muy acelerada. Este dinámico y atractivo mercado ha estimulado mucho la reconversión de la agricultura convencional hacia la orgánica (Gómez *et al.*, 2004).

Este tipo de agricultura ha ido adquiriendo importancia dentro del sistema agroalimentario de más de 162 países (Rinderman *et al.*, 2014), el cuidado de la salud y la protección del medio ambiente son los principales motivos por los cuales los consumidores prefieren los productos orgánicos, que están libres de residuos tóxicos, modificaciones genéticas, aguas negras y radiaciones (Gómez *et al.*, 2004).

En México, la agricultura orgánica adquiere una dimensión particular, la geografía de su producción está estrechamente ligada a la geografía de la pobreza y de la biodiversidad. En un inicio, agentes de países desarrollados se conectaron con diferentes productores en México, solicitándoles la obtención de determinados productos orgánicos, así comenzó su cultivo, principalmente en áreas donde insumos de síntesis química no eran empleados. Este fue el caso de las regiones indígenas y áreas de agricultura tradicional en los estados de Chiapas y Oaxaca (Rinderman *et al.*, 2014); los grupos étnicos que encontramos representados en este tipo de agricultura son: mixtecos, cuicatecos, chatinos, chinantecos, zapotecos, tlapanecos, tojolabales, chontales, totonacos, amusgos, mayas, tepehuas, tzotziles, nahuas, otomíes y tzeltales (Gómez *et al.*, 2004).

La producción orgánica de México se estima en 85% al mercado de exportación, mientras que el mercado interno está en una etapa aún muy incipiente; menos del 5% de la producción orgánica es comercializada por medio de tiendas especializadas, tiendas naturistas y cafeterías, generalmente ubicadas en las principales ciudades del país y sitios turísticos. También se han implementado mercados (tianguis) ecológicos en Ciudad de México, Guadalajara, Oaxaca, Jalapa y Chapingo (Gómez *et al.*, 2004).

4.3 Prácticas de la Agricultura Orgánica

La agricultura orgánica presenta una serie de características distintivas. Estos rasgos permiten identificar las fuerzas que actúan en el proceso de crecimiento de la producción y las ventas de los productos orgánicos. Podemos mencionar que:

- La agricultura orgánica es un sistema de producción orientado a los procesos, más que a los productos;
- El proceso de la agricultura orgánica implica restricciones significativas que elevan los costos de producción y comercialización;
- Los consumidores compran los productos principalmente porque perciben los beneficios que aportan a la salud, a la seguridad en los alimentos y al medio ambiente (FAO, 2003).

Algunos de los principios básicos de mayor relevancia asociados a la Agricultura Orgánica como sistema de producción, son:

- Rotación de cultivos, nunca sembrar en el mismo terreno los mismos cultivos, es importante dar a la tierra tiempos de respiro para que se recupere después de una siembra y nutrirla sembrando nuevas especies.
- Asociación de cultivos, realizar asociaciones de siembras que le dan diversidad de nutrientes a la tierra.
- Producir alimentos sanos, libres de químicos y venenos, que no contaminan al medio ambiente. Para ello es importante eliminar todos los insumos y prácticas que perjudiquen las siembras con químicos.
- Producir alimentos económicos, accesibles a la población.
- Producir abono propio, para no depender de los insumos comprados.
- Rescate de conocimientos tradicionales, rescatar los saberes de la agricultura que desarrollaban los antepasados, y poner en práctica las técnicas y modos de trabajo, tomando en cuenta los ciclos lunares para sembrar, cosechar y podar.
- Trabajar incorporando las hierbas y desperdicios de cosechas del suelo.

- Usar el germoplasma nativo, es decir las semillas y material nativo producidos en la zona, fomentando su conservación y propagación.
- Manejar las unidades de producción de acuerdo a las posibilidades y el potencial de los recursos naturales: suelo, agua, clima y economía local.
- Buscar la autosuficiencia económica de los productores y de las comunidades rurales (autogestión), reduciendo los costos de producción y preservando los recursos básicos que poseen.
- Asegurar la competitividad de la producción de los alimentos en mercados locales, regionales, nacionales e internacionales, acompañados de los parámetros de calidad y cantidad (FAO, 2013).

4.4 Cultivos intercalares

Diversas evaluaciones sobre la eficiencia productiva en tiempo y espacio han demostrado que la asociación de cultivos superan a los monocultivos, principalmente en los sistemas de producción tradicionales o familiares (Molina-Anzures *et al.*, 2016).

La asociación de cultivos es una de las técnicas más efectivas de la agricultura ecológica, y consiste en plantar dos o más especies en relación de cierta cercanía provocando una especie de relación competitiva y complementaria (Vélez-Vargas *et al.*, 2011).

Existen asociaciones bien conocidas como el de la milpa, y existen diversos estudios que mencionan que el maíz sirve de soporte a la planta de frijol, la cual fija nitrógeno en el suelo; la calabaza disminuye la incidencia de maleza y conserva la humedad del suelo (Molina-Anzures *et al.*, 2016).

Este tipo de sistemas se caracterizan por la diversidad de especies de plantas, integración de éstas con los animales y los humanos, y un estilo de vida que gira alrededor de la necesidad de producir biodiversidad de alimento (Gutiérrez-Martínez *et al.*, 2007). Estos cultivos persisten a través del tiempo y se proponen como un modelo para diseñar sistemas de cultivo sustentables y resilientes además, representan una opción amortiguadora para efectos del cambio climático asociado

a temperaturas, uso eficiente de agua y desordenes agroecológicos relacionados con nuevos paradigmas de plagas y enfermedades de los cultivos (Altieri y Nicholls, 2000).

4.5 Criterios de selección para el diseño de cultivos intercalares

Para que diferentes especies en un cultivo de asociación puedan coexistir exitosamente y se cumpla el principio de complementariedad ecológica (uso eficiente del agua y nutrimentos), se plantean criterios de asociación con base a: las características morfológicas y fisiológicas de las especies, así como en función a sus requerimientos nutrimentales (Romero, 2013).

Es importante saber que cuando se quiere tener un cultivo intercalar las especies que lo conformarán deben de ser de familias botánicas diferentes para evitar la competencia entre éstas. Ahora, desde el punto de vista fisiológico se plantea la cuestión de cómo aprovechar o explotar al máximo los recursos disponibles durante el ciclo anual. El problema fundamental en la competencia entre los dos o más cultivos en asociación es la competencia por los factores necesarios para el crecimiento y desarrollo de los cultivos en cuestión, como son luz, agua, nutrientes del suelo, dióxido de carbono, entre otros (García y Davis, 1983).

Se sugiere una siembra como máximo de cuatro especies de hortalizas aproximadamente, integradas de acuerdo a los principios que rigen un sistema de producción, respecto a los criterios de que especies deben sembrarse (Alcázar, 2010).

Al cultivar varias especies simultáneamente, se obtiene una serie de objetivos de manejo, sin que se requiera mayor subsidio o complementación. Los cultivos intercalados reducen malezas, plagas y enfermedades, mejoran la calidad del suelo y hacen más eficiente el uso del agua y nutrientes, incrementan la productividad de la tierra y reducen la variabilidad de rendimientos (Altieri y Nicholls, 2002).

4.6 Jitomate cherry

4.6.1 Taxonomía y Morfología

Reino: Plantae

División: Angiospermae

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Tribu: Solaneae

Género: *Lycopersicum*

Especie: *Lycopersicum esculentum* L. var. *cerasiforme* (Dunal) D.M.Spooner, G.J.Anderson & R.K.Jansen

Descripción botánica: Planta de porte erecto o semierecto, arbustivo, cultivo de tipo anual. Hierba delicada con pelos glandulares pegajosos, generalmente de hasta 1 m de altura, aunque a veces más alta; tallo erecto o recargándose para trepar; hojas alternas de hasta 25 cm de largo; inflorescencia con flores dispuestas en racimos cortos o alargados, a veces ramificados; flores con cáliz de 5 sépalos angostamente triangulares, puntiagudos, con la corola amarilla en forma de estrella de 5 puntas, estambres 5, las anteras con sus ápices delgados están unidas entre sí rodeando al estilo; fruto carnoso, jugoso, globoso o alargado, de color rojo al madurar; semillas numerosas, más o menos circulares, aplanadas, amarillas (CONABIO, 2009).

4.6.2 Borraja

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Lamiales

Familia: Boraginaceae

Subfamilia: Boraginoideae

Género: *Borago*

Especie: *Borago officinalis* L.

Descripción botánica: Es una hierba erecta anual de 20-50 cm, de tallo y hojas pubescentes, con pelos blancos; tallo verde es muy turgente y presenta matices morado; hojas son anchas, ovadas, basales y dentadas; flores son campanas de color azul-violeta claro, se agrupan en racimos terminales que se inclinan hacia el suelo; el fruto es una drupa (Vit, 2002).

4.7 Mecanismos de control de plagas, evasión de enfermedades e incremento de la fertilidad del suelo y el rendimiento en cultivos intercalares

Las investigaciones sugieren que, considerando que en ecosistemas naturales la regulación interna de su funcionamiento es substancialmente un producto de la biodiversidad a través de flujos de energía y nutrientes además de sinergias biológicas, ésta forma de control se pierde progresivamente con la intensificación agrícola (Torralba, 2010).

En agroecosistemas modernos, la evidencia experimental sugiere que la biodiversidad puede usarse para el manejo óptimo de plagas. Varios estudios han demostrado que es posible estabilizar las comunidades de insectos en agroecosistemas, diseñando arquitecturas vegetacionales que sostienen poblaciones de enemigos naturales o que tienen un efecto disuasivo directo sobre los herbívoros (Altieri y Nicholls, 2000).

Una mayor diversidad de plantas conllevan a una mayor diversidad de herbívoros, y esto a su vez determina una mayor diversidad de depredadores y parásitos. Entonces una biodiversidad total mayor puede asegurar la optimización de los procesos y el funcionamiento de los agroecosistemas (Altieri y Nicholls, 2000).

Mientras que para el manejo de la fertilidad del suelo se deben considerar alternativas que, además de reponer los nutrientes utilizados por los cultivos, permitan incrementar las características físicas y la actividad biológica en el suelo. Una de las alternativas para esta situación es el cultivo intercalar ya que da diversos beneficios como el aumentar el contenido de materia orgánica, mejoramiento de las

características físicas del suelo, disminución de malezas entre otros (Céspedes, 2005).

4.8 Trabajos relacionados con el tema

Hay pocos trabajos relacionados con el manejo orgánico del jitomate cherry, en el Cuadro I, se mencionan algunos:

Cuadro I.- Estudios en manejo del cultivo de jitomate cherry

AUTOR	TITULO	RESULTADOS
Márquez-Hernández, <i>et al.</i> (2006)	Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero	Las mejores cuatro mezclas fueron: vermicomposta al 50 % más arena y vermicomposta con perlita al 25, 37 y 50 %, con un rendimiento medio de 48.50 t·ha ⁻¹ ; es decir, se obtiene mayor rendimiento con respecto a lo obtenido en producciones de tomate cherry orgánico en campo, sin afectar la calidad de los frutos.
Dimas <i>et al.</i> , (2008)	Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato (S1,S2 y S3)	El híbrido 'Big Beef' en el S3 presentó el rendimiento comercial más alto con 279 t ha ⁻¹ , y superó al S1 con el mismo genotipo. En rendimiento de fruto total ambos híbridos crecidos en el S3 superaron al S1; sin embargo, el rendimiento en S1 fue mayor de 200 t ha ⁻¹ en ambos genotipos. Además, en S1 se logró mayor contenido de sólidos solubles y espesor del pericarpio en el fruto que en S3 y S2, por lo que el uso de vermicomposta + arena + quelatos puede ser una opción viable para producir tomate orgánico en invernadero.

Ochoa-Martínez <i>et al.</i> , 2009	Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) en invernadero	Las plantas con solución nutritiva obtuvieron el mayor rendimiento con 21.8 kg·m ² , mientras que el té de composta rindió 17% menos; esta reducción se relacionó con una mayor conductividad eléctrica (CE) en la solución del sustrato. El té de composta también redujo 21 % el peso por fruto y aumentó 19 % los sólidos solubles. La concentración de N foliar al inicio de floración e inicio de cosecha fue similar con solución nutritiva y con té de composta; además, no se observaron síntomas de deficiencia de nutrientes, lo que significa que el té de composta abasteció las necesidades de N y otros nutrientes, logrando producir más de 18 kg·m ² de fruto extra grande con más de 4 °Brix de sólidos solubles, a un menor costo de fertilización.
De la Cruz-Lázaro (2009)	Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato.	El mayor rendimiento promedio (39.811 t ha ⁻¹) se obtuvo con la composta generada por la descomposición de estiércol bovino, rastrojo de maíz (<i>Zea mays</i> L.), zacate elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> Schumacher) y tierra negra (CEMZT) al 75% + arena y la vermicomposta de estiércol, pasto bahía (<i>Paspalum notatum</i> Flüggé) y tierra negra (VEPT) al 100 y 50% + arena. Este rendimiento resultó mayor al registrado en producciones de tomate orgánico en campo, sin afectar la calidad de los frutos.
Cih-Dzul <i>et al.</i> (2011)	Caracterización de los sistemas de producción de tomate (<i>Lycopersicum</i>	El 84% de los productores utiliza el sistema a campo abierto, 8% bajo invernadero, 4% con malla sombra y

	<i>esculentum</i> Mill.) en el Estado de Jalisco, México	4% combina los tres sistemas, todos cultivan la variedad Saladette. La productividad y el rendimiento están determinados por la tecnología utilizada. Todos los productores utilizan riego por goteo y 96% utiliza acolchado plástico. El 90% de los productores venden la cosecha a través del comisionista y 10% de forma directa; el principal comisionista es el bodeguero. El clima, las plagas y las enfermedades afectan directamente la productividad y el rendimiento del cultivo, lo que impacta negativamente en el ingreso del productor.
Valle, 2013	Poda en jitomate cherry (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) bajo invernadero en la Comarca Lagunera.	Se encontró diferencia significativa en las variables de la calidad del fruto donde es mejor T1 (poda a un tallo) demostrando en el diámetro ecuatorial con 3.12 y 2.57 en el diámetro polar, como se encontró que el fruto presento una forma aplanada. En el rendimiento no se encontró diferencia estadística arrojando valores de 15.71 ton/ha a la poda a un tallo y 14.67 ton/ha a la poda a dos tallos, como también se mostró significancia al tratamiento 1 en mejor peso promedio de trenza de 83.03 gr y 75.55 gr en peso promedio de frutos por trenza a un tallo.

V. Pregunta de investigación

Hoy en día la producción de alimentos se lleva a cabo bajo los estándares de la agricultura convencional provocando un deterioro de los ecosistemas, es por esto que han obligado a la sociedad a buscar alternativas de producción de alimentos, más amigables con el medioambiente. La agricultura orgánica ofrece alternativas

viables adecuadas a cada zona, para recuperar y conservar los recursos, así como la independencia a insumos industrializados, dando como resultado un mejoramiento en la calidad de vida.

El jitomate es un fruto que se comercializa a nivel mundial, su producción es de suma importancia en el país sin embargo, la mayor parte de esta producción se cultiva bajo las técnicas de la agricultura convencional, es por esto que son necesarios nuevos modelos de trabajo donde el manejo se pueda realizar sin la utilización de insumos químicos.

Por lo que este estudio se diseñó para contestar la siguiente interrogante: ¿Se incrementa el rendimiento del jitomate cherry, así como la calidad morfológica y fisiológica del fruto al intercalar su cultivo con el de la borraja?

VI. Hipótesis

El rendimiento y calidad del fruto del jitomate cherry se incrementará al ser intercalado con plantas de borraja, como una respuesta al uso diferencial y eficiente de nutrientes y agua del suelo de cada una de las especies.

VII. Objetivos

7.1 Objetivo general

Analizar el efecto de la borraja (*Borago officinalis* L.) en el rendimiento del jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum* L. var. *cerasiforme* (Dunal)), en un cultivo intercalar.

7.2 Objetivos particulares:

- Evaluar la calidad morfológica de las plantas de cultivo cherry al evaluar las siguientes variables: altura, diámetro del tallo central, tiempo medio de floración, tiempo medio de fructificación, número de

frutos/planta, número de racimos/planta y frutos/racimo y rendimiento/área.

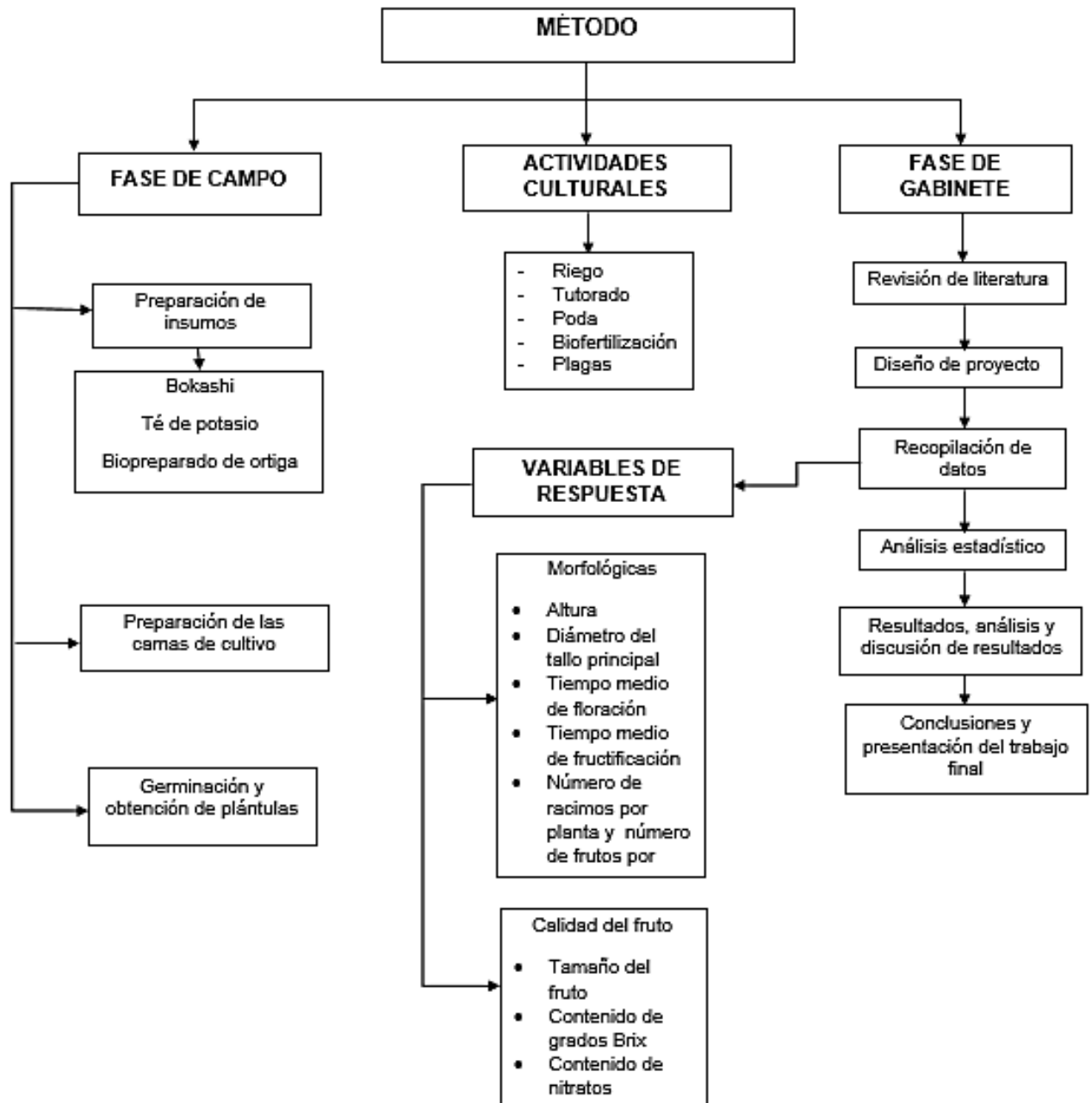
- Evaluar el rendimiento del jitomate cherry.
- Cuantificar el contenido de grados Brix en los frutos del jitomate.
- Calcular el costo de producción del jitomate y el Índice costo/beneficio del sistema de producción intercalar.
- Generar un plan de manejo para el cultivo orgánico del jitomate cherry.

VIII. Zona de estudio

El cultivo se llevó a cabo a cielo abierto en el Centro de Capacitación en Agricultura Urbana “Chimalxochian” dentro de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM que se encuentra en la Delegación Iztapalapa, Ciudad de México, ubicada en las coordenadas geográficas 19° 22' 04.64" Longitud Oeste a una altitud de 2249 m, presenta un clima templado subhúmedo con temperaturas entre 10° y 18°C y de 18° a 22°C con precipitaciones de 600 a 1000 mm en promedio durante el año.

IX. Materiales y método

9.1 Diagrama de flujo del método:



9.2 Germoplasma

Se utilizaron las semillas de un fruto de jitomate cherry convencional (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). En el caso de la borraja, se propagó asexualmente, por hijuelos.

9.3 Preparación del abono orgánico

Se preparó bokashi como abono orgánico que se utilizó tanto en la preparación del almacigo, preparación de la cama de cultivo y la biofertilización.

Los ingredientes que se utilizaron para elaborar 100 kg de bokashi fueron: 30 kg estiércol, 30 kg tierra, 18 kg salvado de trigo, 10 kg hojarasca, 7.5 kg carbón, 225 g levadura, 1 g cal, 1 g roca fosfórica, 1 g zeolita, 1 g dolomita, 10 L microorganismos eficientes, 4 L melaza y 2 L leche.

9.4 Preparación de las camas de cultivo

Se trabajaron dos cultivos: policultivo (jitomate cherry+borraja) y monocultivo (jitomate cherry) los cuales se efectuaron a cielo abierto.

Se prepararon las dos parcelas (Fig. 1) de 6 m x 90 cm cada una, se inició con la eliminación de malezas para posteriormente abonar con el bokashi previamente elaborado, se quitaron los primeros 10 cm de suelo y se adicionaron 3 kg de bokashi por cada 1 m², cubriéndolo con el mismo suelo que se había sacado y finalmente se hicieron dos surcos longitudinalmente en cada cama de cultivo.



Fig. 1. Camas de cultivo

9.5 Germinación y obtención de plántulas

Se preparó un almácigo de 72 celdas (Fig. 2 B) con una mezcla de 50% turba, 25% lombricomposta y 25% bokashi donde se sembraron dos semillas de jitomate cherry por celda y se dejó cubierta con un plástico cristal lechoso. Se utilizaron semillas de jitomate cherry (Fig. 2 A), de las que se eligieron 37 plantas.

Las plántulas de borraja se obtuvieron de otra cama de cultivo aledaña, las más grandes de dos meses y medio y la más chica de un mes con un total de 6 plantas; estas se pasaron a macetas de plástico negro de 1 kg con una mezcla de composta y tierra 1:1.

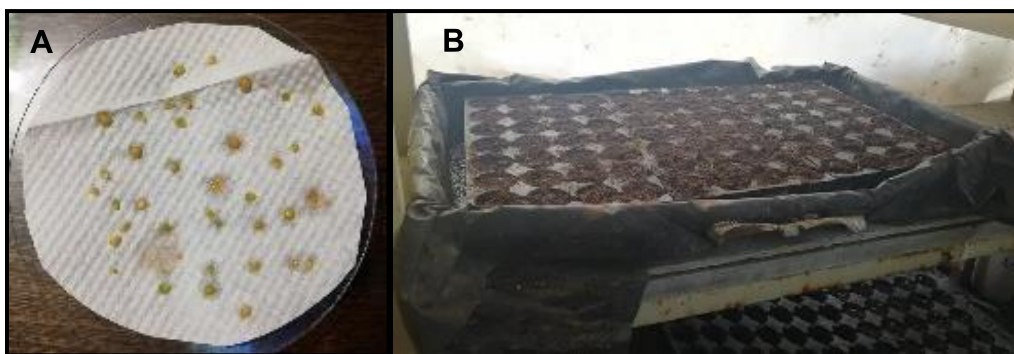


Fig. 2. A. Semillas de jitomate cherry. B. Almácigo

9.6 Riego

Se colocaron cuatro mangueras para riego por goteo a lo largo de los surcos por cama de cultivo (Fig. 3). En donde cada planta recibía 2 L de agua durante todo el ciclo. El riego se realizó cuatro veces por semana.



Fig. 3. Cama de cultivo con riego por goteo.

9.7 Tutorado

Se guio la planta alrededor de una rafia o tutor de forma manual para que el crecimiento de las plantas fuera erguido (Fig. 4).



Fig. 4. Planta de jitomate cherry con tutor.

9.8 Poda

Se eliminaron los brotes axilares de cada planta, durante todo su ciclo de vida, de forma manual. Esta actividad se realizó para favorecer el crecimiento del tallo central, así como solo obtener flores y frutos de este.

9.9 Biofertilización

Se abonaron las plantas quincenalmente (Fig. 5) con 250 g de bokashi/planta, se realizó un surco alrededor del tallo central y se añadió el abono y se cubrió con el mismo suelo del cultivo para evitar el contacto directo con el sol.



Fig. 5. Biofertilización de las plantas de jitomate.

9.10 Plagas

Para la prevención de plagas se utilizó un biopreparado de ortiga (*Urtica* sp) que se elaboró cortando la planta y mezclándola con agua en proporción 1:1, ésta se dejó reposar una semana mezclándola una vez al día, posterior a esto se almacenó para su uso. Este biopreparado se aplicó de forma foliar en todas las plantas.

Una vez que las plagas (pulgón, mosca blanca y gusano barrenador) se presentaron en el cultivo, se aplicó una solución jabonosa, diluyendo jabón marca “Roma” en agua al 5%, y se roció con un atomizador directamente sobre la plaga, se dejó reposar 15 min sobre las hojas donde estaba la plaga, las cuales posteriormente se enjuagaron con agua limpia.



Fig. 6 Plagas. A. Pulgón. B. Mosca blanca. C. Gusano barrenador.

9.11 Variables de respuesta

Se seleccionaron 10 plantas al azar de jitomate/tratamiento en las cuales se evaluaron quincenalmente las siguientes variables:

9.11.1 Morfológicas

- Altura. Se tomaron las mediciones con una cinta métrica, desde la superficie del suelo hasta el ápice de la planta.
- Diámetro del tallo principal. Se tomó la medida con un vernier a dos centímetros del suelo.
- Tiempo medio de floración, número de flores/planta. Se consideró cuando la mitad de la población del total llegó a la floración.
- Tiempo medio de fructificación, número de frutos/ planta. Se consideró cuando la mitad de la población del total llegó a fructificación.
- Número de racimos por planta y número de frutos por racimo. Se realizó mediante un conteo directo.

9.11.2 Calidad del fruto

Se evaluaron en los cinco primeros racimos de cada planta, para ambos tratamientos y en cada uno de ellos se determinaron las siguientes variables:

- Tamaño del fruto. El diámetro polar se midió poniendo el vernier de manera vertical tomando la distancia de polo a polo, mientras que para el diámetro ecuatorial fue de forma transversal.

- Contenido de grados Brix. Se utilizó un refractómetro portátil de alta precisión marca Grandindex modelo RHW-25/Brix/ATC en el que se colocaron dos gotas del jugo de jitomate sobre el cristal de lectura del refractómetro.
- Contenido de nitratos. Se utilizó el jugo del fruto y se colocó en el sensor de un medidor de nitratos Horiba (Laqua twin).

9.11.3 Índice de Dickson

Para calcular este índice se determinó el peso de la raíz y del vástago, así como la altura y el diámetro al momento de la cosecha. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$ICD = \frac{Masa\ seca\ total\ (g)}{\frac{Altura\ tallo\ (mm)}{Diámetro\ (mm)} + \frac{Masa\ seca\ aerea\ (g)}{Masa\ seca\ raíz\ (g)}}$$

9.11.4 Rendimiento

Se tomó el peso fresco de los frutos de cada planta por tratamiento, en relación a su producción en 1 m².

$$Rendimiento / m^2 = \text{Peso total de los frutos} / m^2$$

9.11.5 Índice de cosecha

Para calcular este índice se utilizó la siguiente fórmula:

$$IC = \frac{Productividad\ económica\ x\ 100}{Productividad\ biológica}$$

9.11.6 Uso eficiente de la tierra

Se obtuvo, con la sumatoria de dividir para cada cultivo, el rendimiento de todo el policultivo sobre el rendimiento del monocultivo y así se determinó el nivel de interferencia de cultivos intercalados en un tipo de sistema de producción de cultivos.

$$UET = \Sigma \frac{Rendimiento\ del\ policultivo}{Rendimiento\ del\ monocultivo}$$

Valores < 1, significa que el policultivo presentó un rendimiento menor que el monocultivo en cuanto a unidad por área; valores = 1, significa que la unidad por área es igual en ambos sistemas de producción; y valores > 1 significa que el policultivo es más productivo que cualquier monocultivo.

9.11.7 Coeficiente de robustez

Es la relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro (mm).

9.11.8 Tasa de crecimiento relativo

El índice de eficiencia de producción de materia seca, se define como la ganancia de biomasa por unidad de biomasa y tiempo; se calcula con la siguiente ecuación:

$$TCR = \frac{(\ln A2 - \ln A1)}{t2 - t1}$$

Siendo A2 y A1 la altura de la plántula (cm), en los tiempos 2 y 1 (t2 y t1 respectivamente, d⁻¹).

9.12 Costo de producción

Se calculó el costo total de producción en los dos tratamientos (cultivo intercalar y testigo), considerando el costo de insumos necesarios así como la mano de obra utilizado y también se calculará el índice costo/beneficio.

9.13 Paquete biotecnológico

Se elaboró un plan de manejo para el cultivo orgánico de jitomate cherry (*Lycopersicum esculentum* L. var *cerasiforme*) a cielo abierto que se desarrolló en época de invierno (Fig.20).

9.14 Análisis estadísticos

Las variables de respuesta se analizaron en un ANOVA completamente al azar con 10 repeticiones y las medias se compararon por la prueba de diferencia mínima de Tukey-Kramer ($p \leq 0.05$) con el programa NCSS versión 7.

X. RESULTADOS

10.1 Emergencia

Las semillas presentaron un 78% de emergencia promedio, con un tiempo medio de 11 días (Fig.7).

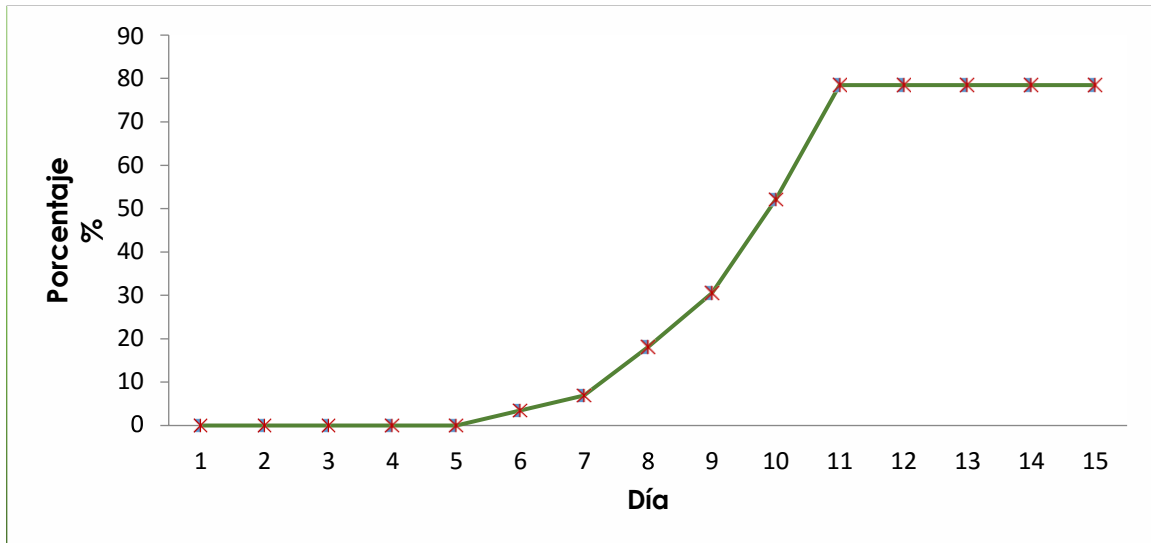


Fig. 7. Emergencia de las plantas de jitomate cherry

10.2 Supervivencia

Las plantas de jitomate cherry una vez trasplantadas a las parcelas, presentaron 100% de supervivencia. Las plantas de borraja también presentaron una supervivencia alta (100%).



Fig. 8. Camas de cultivo. A. Policultivo. B. Monocultivo.

10.3 Variables de crecimiento

10.3.1 Altura

La altura (Fig. 9) no presentó diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre tratamientos donde el policultivo presentó un promedio de 113.7 cm y el monocultivo de 123.4 hasta los 90 ddt (días después del trasplante) para ambos cultivos.

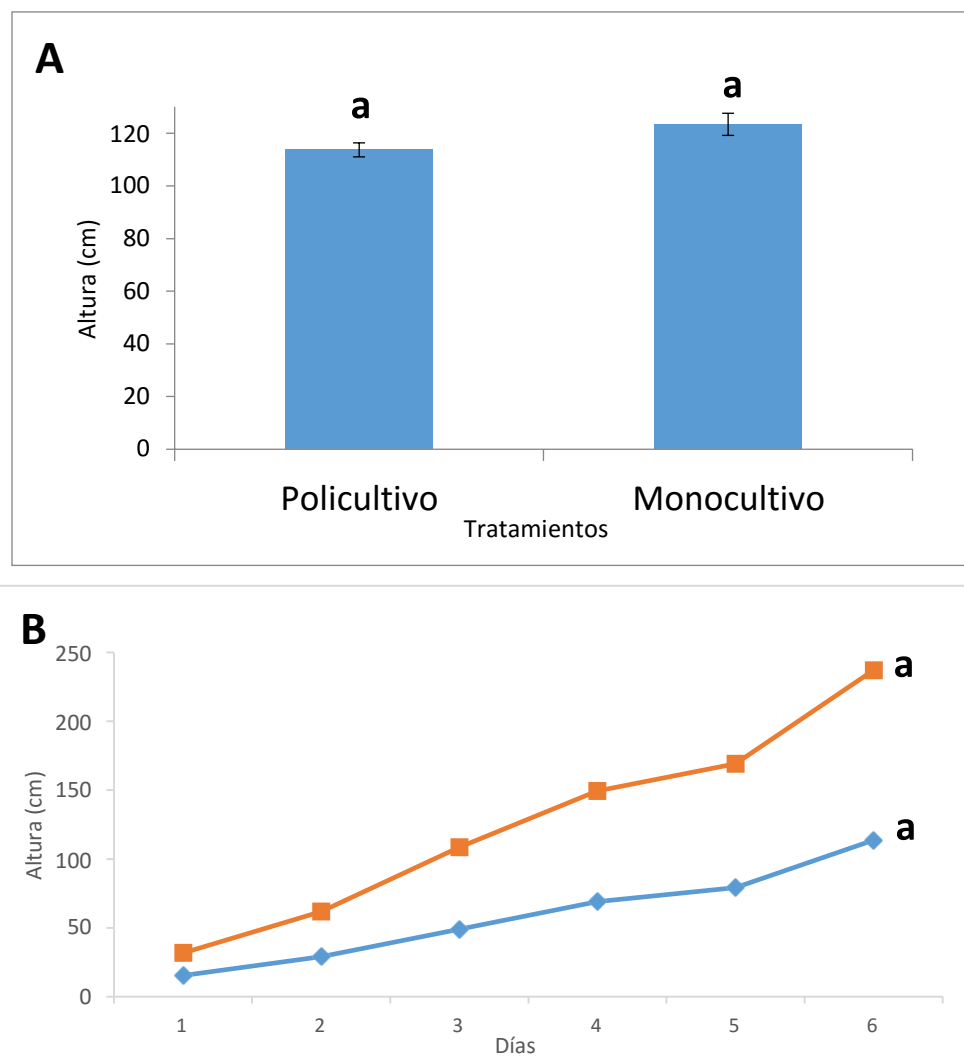


Fig. 9. Altura de plantas de jitomate cherry para ambos tratamientos. A) Altura promedio por tratamientos. B) Curva de altura acumulada en relación al tiempo entre tratamientos, — policultivo — monocultivo. Altura de las plantas de jitomate cherry en mono y policultivo. Literales diferentes sobre las barras, representan diferencias significativas ($p \geq 0.05$). ANOVA $F = 3.79$, $p = 0.067$.

10.3.2 Diámetro

El diámetro presentó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, donde el monocultivo tuvo el mayor diámetro con 4.2 cm a diferencia de los 2.6 cm del policultivo (Fig. 10).

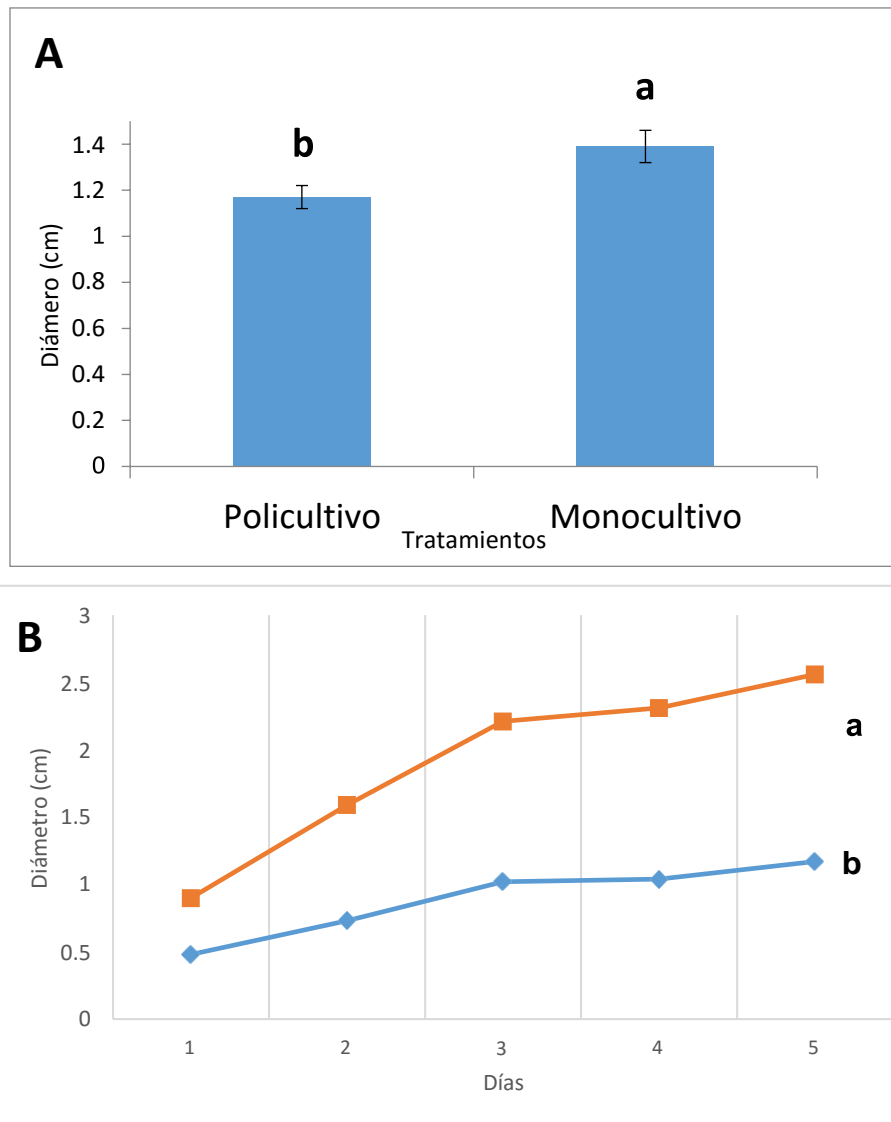


Fig. 10. Diámetro del tallo central de las plantas de jitomate cherry para ambos tratamientos: A) Grosor del diámetro en relación al tratamiento. B) Curva de diámetro acumulada en relación al tiempo entre tratamientos, — policultivo — monocultivo. Diámetro de las plantas de jitomate cherry en mono y policultivo. Literales diferentes sobre las barras, representan diferencias significativas ($p \leq 0.05$). ANOVA $F=14.05$ $p=0.0014$.

10.3.4 Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)

La TCR no presentó diferencias estadística significativa ($p \geq 0.05$) entre tratamientos (Fig. 11), el policultivo con un valor 0.0232 d^{-1} y el monocultivo con 0.025 d^{-1} .

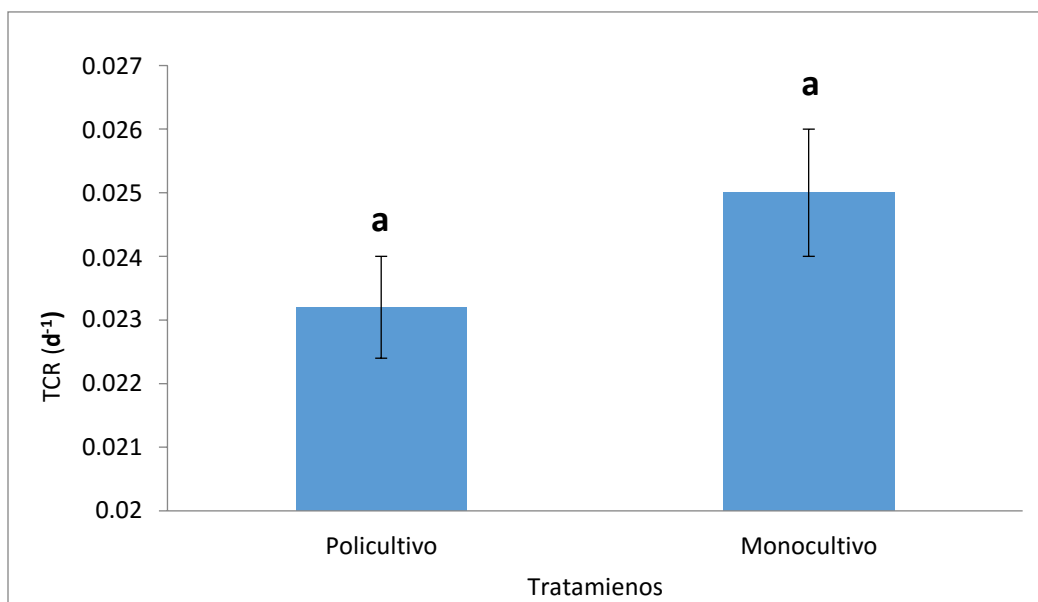


Fig. 11. Tasa de crecimiento relativo de las plantas de jitomate cherry en mono y policultivo. Literales diferentes sobre las barras, representan diferencias significativas ($p \geq 0.05$). ANOVA $F=1.67$ $p= 0.2323$.

10.4 Variables de rendimiento

10.4.1 Tamaño de frutos

El diámetro ecuatorial de los frutos presentó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, el monocultivo con un diámetro de 3 cm y el policultivo con 2.5 cm (Fig. 12 y Fig. 15).

El diámetro polar de los frutos, también presentó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, el monocultivo con un diámetro de 2.8 cm y el policultivo con 2.3 cm (Fig. 13 y Fig. 15).

El peso de los frutos, presento diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, el monocultivo fue mayor con 14 g y del policultivo con 9 g (Fig. 14).

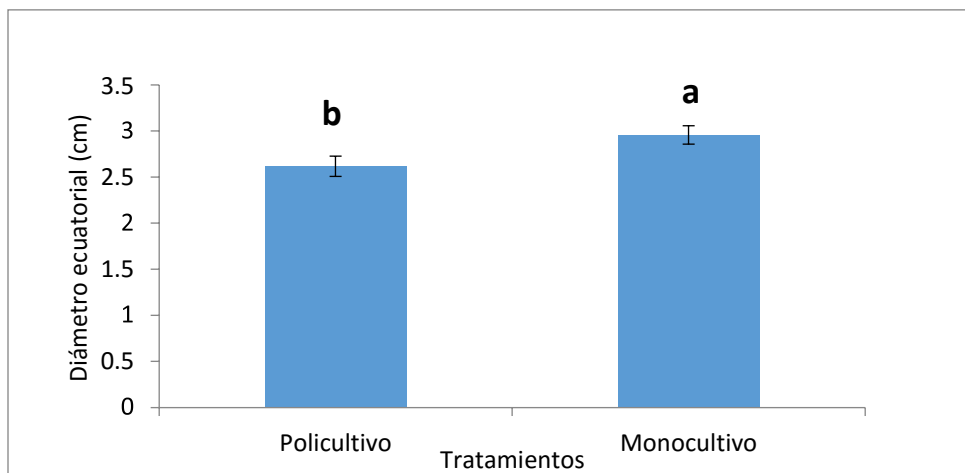


Fig. 12. Diámetro ecuatorial de los frutos de las plantas de jitomate cherry en mono y policultivo. Literales diferentes sobre las barras, representan diferencias significativas ($p \leq 0.05$). ANOVA $F=5.03$ $p= 0.028$.

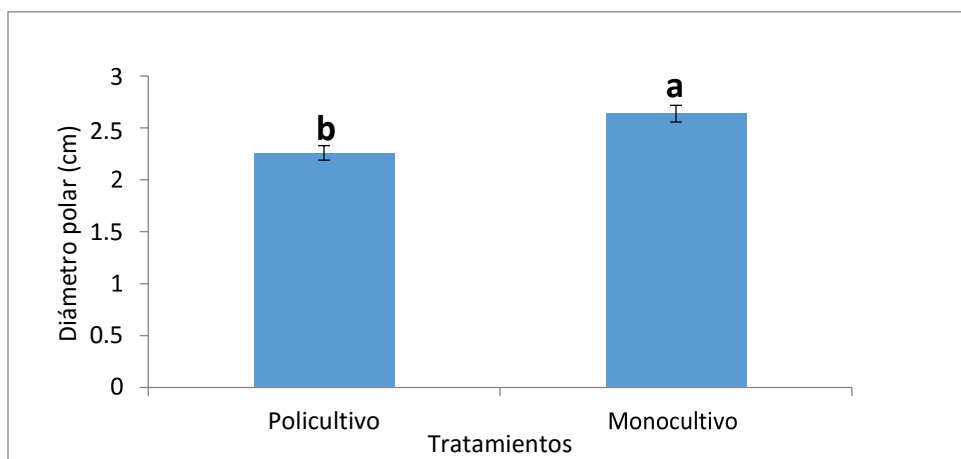


Fig. 13. Diámetro polar de los frutos de las plantas de jitomate cherry en mono y policultivo. Literales diferentes sobre las barras, representan diferencias significativas ($p \leq 0.05$). ANOVA $F=11.2$ $p= 0.0014$.

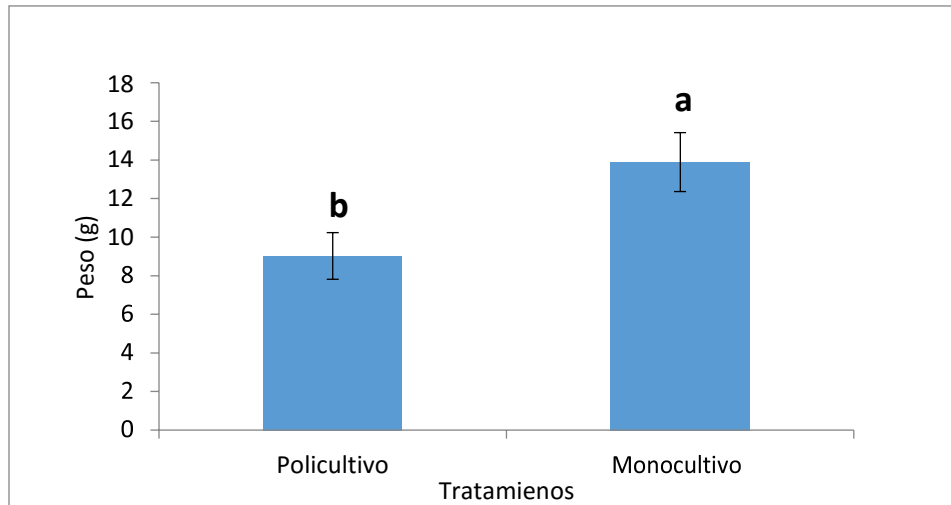


Fig. 14. Peso de los frutos de las plantas de jitomate cherry en mono y policultivo. Literales diferentes sobre las barras, representan diferencias significativas ($p \leq 0.05$). ANOVA $F=6.16$ $p= 0.0159$.

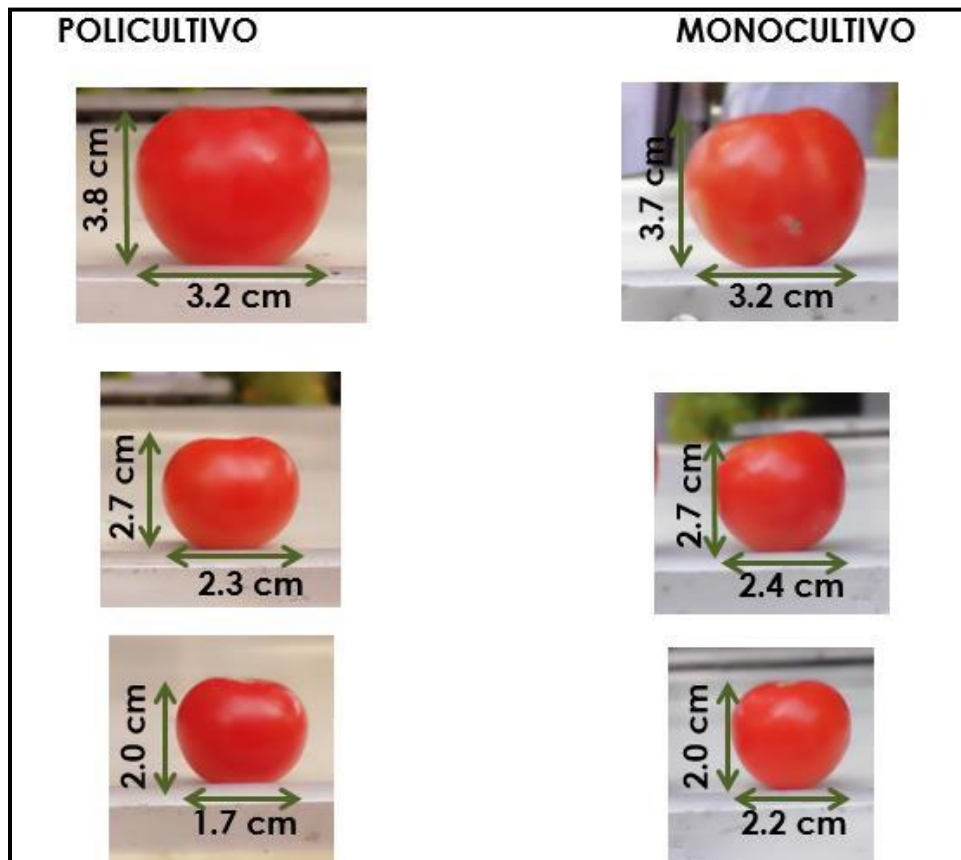


Fig. 15. Tamaño de los frutos para los dos tratamientos donde se resalta el diámetro polar y ecuatorial.

10.4.2 Atributos del rendimiento

En el policultivo la floración se presentó a los 35 días, es decir, 10 días antes que en el monocultivo. En general, el número de flores, el tiempo medio de fructificación, el número de frutos por planta y por racimo, el peso de los frutos y el rendimiento, no presentaron diferencias estadísticas ($p \geq 0.05$) entre tratamientos, no así el tamaño del fruto sí ($p \leq 0.05$ (Cuadro 2).

Cuadro 2. Atributos de rendimiento.

	POLICULTIVO	MONOCULTIVO
Tiempo medio de floración (días)	35	45
Número de flores	475 ± 2.4a	482 ± 2.5a
Tiempo medio de fructificación (días)	84	84
Número de frutos	418 ± 3.16a	433 ± 3.28a
Peso medio de frutos (g)	8 ± 1.21	9 ± 1.53
Tamaño promedio de los frutos (cm)	2.25 ± 0.07b	2.63 ± 0.08a
Rendimiento Kg/m ²	0.58	0.78
UET	0.8057	
Grado Brix	7.94 ± 0.26a	6.46 ± 0.43b
Grados Alcohol	4.06	3.3

10.4.3 Índice de cosecha

El índice de cosecha (Fig. 16) no presentó diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre tratamientos, en ambos casos se presentó un valor entre 2.7 y 3.02.

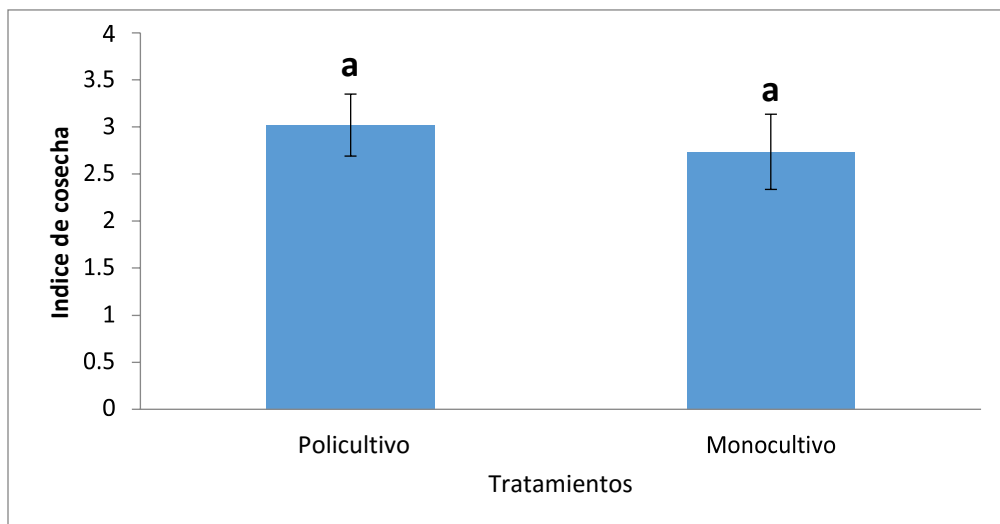


Fig. 16. Índice de cosecha para plantas de mono y policultivo. Literales diferentes sobre las barras, representan diferencias significativas ($p \geq 0.05$). ANOVA $F=0.29$ $p=0.603$

10.5 Variables morfológicas

10.5.1 Índice de Dickson

En la figura 17 se muestra el índice de Dickson y podemos ver que no hubo diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre tratamientos.

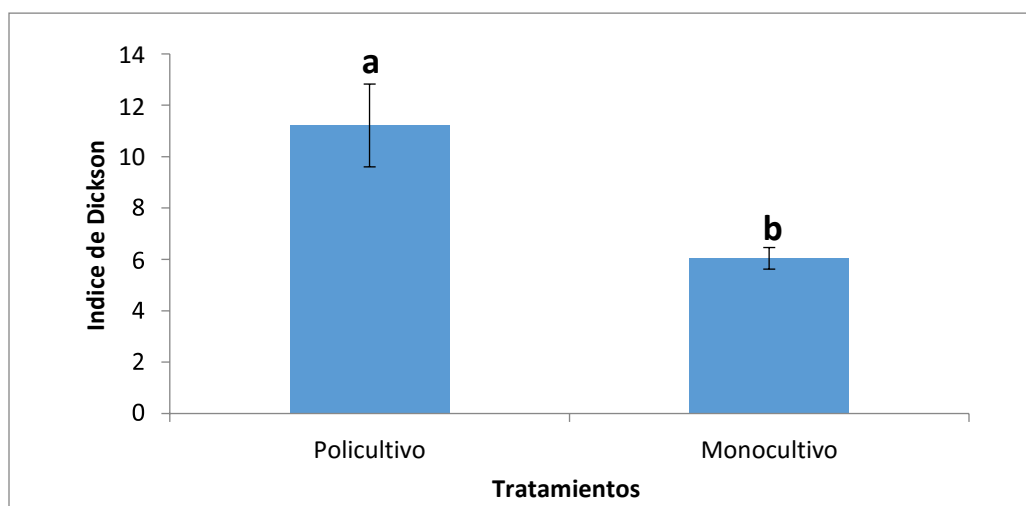


Fig. 17. Índice de Dickson para plantas de mono y policultivo. Literales diferentes sobre las barras, representan diferencias significativas ($p \leq 0.05$). ANOVA $F=9.62$ $p=0.0146$.

10.6 Variables fisiológicas

10.6.1 Grados Brix

Los grados Brix, presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. El policultivo presentó frutos con 7.9 ° Brix, mientras el monocultivo presentó 6° Brix (Fig.18).

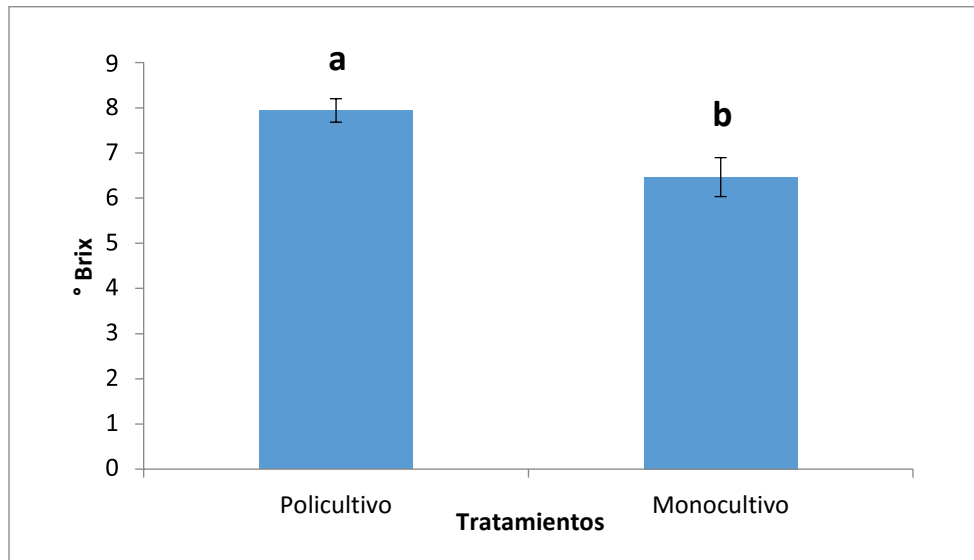


Fig. 18. Grados Brix para los frutos del mono y policultivo. Literales diferentes sobre las barras, representan diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$). ANOVA $F=8.41$ $p=0.0095$.

10.6.2 Nitratos

Los nitratos no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre tratamientos, pero sí con los del cultivo convencional (Fig. 19).

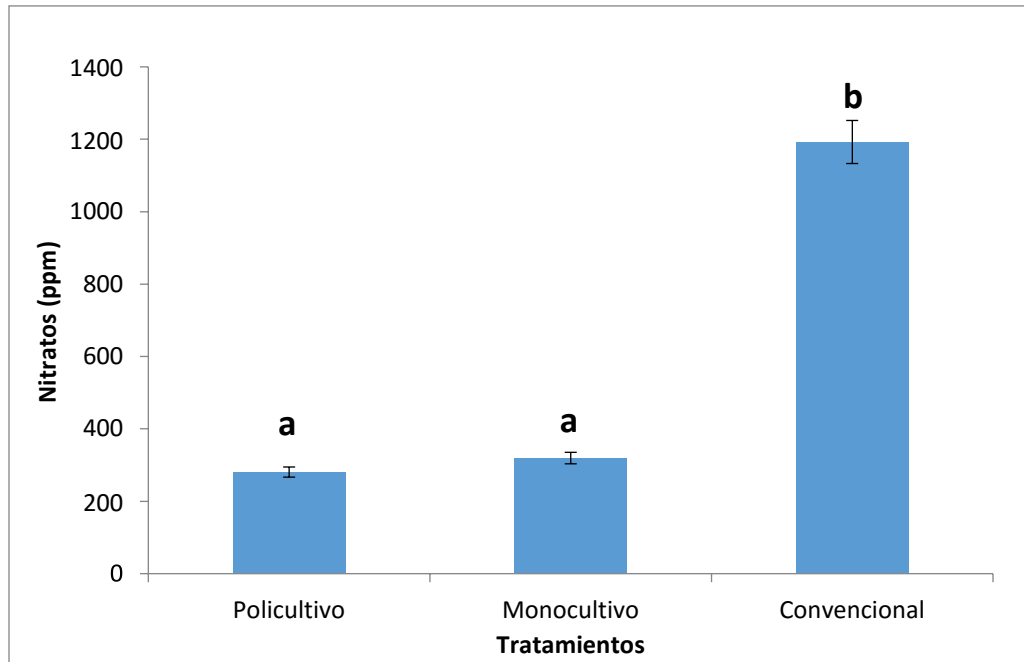


Fig. 19. Nitratos para los frutos del mono y policultivo. Literales diferentes sobre las barras, representan diferencias significativas ($p \geq 0.05$). ANOVA $F=1.58$ $p=0.22$.

10.7 Costos de producción

El costo para producir 10 plantas de jitomate en policultivo asociado con borraja (Cuadro 3) es de \$656.94 M.N. con una producción de 3.5 kg. Por lo que para producir una planta se necesitan \$65.69 M.N., y en promedio cada planta produce 350.2 g, el costo por kilo resulta en \$187.5 M.N. Actualmente el costo de un kilo de jitomate cherry orgánico es de \$117.23 M.N., por lo que la producción de este policultivo no resulta ganancia económica.

Cuadro 3. Costo de producción del policultivo

Insumos (unidad)	Cantidad	Precio unitario \$ mnx	Total \$ mnx
Semillas de jitomate cherry comercial VITA	10	0.12	1.20
Plantas de borraja (pza)	8	0	0
Bokashi (kg)	12.5	7	87.5
Lombricomposta (kg)	0.25	25	6.25
Almacigo (pza)	1	30	30
Té de potasio (L)	2.8	2	5.6
Té de ortiga (L)	20	0.5	10
Caldo sulfocalcico (L)	0.5	15	7.5
Jabón (kg)	0.02	25	0.5
Agua (L)	864	0.003*	2.59
Plástico blanco lechoso (m)	8 x 6	40	240
Mano de obra (salario mínimo)	3	88.36	265.8
TOTAL		656.94	

* Precio de acuerdo a la delegación Iztapalapa, CDMX.

El costo para producir 19 plantas de jitomate cherry en monocultivo (Cuadro 4) es de \$1021.14 M.N., con una producción de 7.5 kg. Por lo que para producir una planta se necesitan \$53.74 M.N., y en promedio cada planta produce 395.8 g, el costo por kilo resulta en \$135.77 M.N. Actualmente el costo de un kilo de jitomate cherry orgánico es de \$117.23 M.N., por lo que la producción de este monocultivo no resulta ganancia económica.

Cuadro 4. Costo de producción del monocultivo

Insumos	Cantidad	Precio unitario \$ mnx	Total \$ mnx
Semillas de jitomate cherry comercial VITA	19	0.12	2.28
Bokashi (kg)	27.5	7	166.25
Lombricomposta (kg)	0.25	25	6.25
Almacigo (pza)	1	30	30
Té de potasio (L)	6.8	2	13.6
Té de ortiga (L)	40	0.5	20
Caldo sulfocalcico (L)	0.5	15	7.5
Jabón (g)	0.04	25	1
Agua (L)	1368	0.003*	4.1
Plástico blanco lechoso (m)	8 x 6	40	240
Mano de obra (salario mínimo)	6	88.36	530.16
TOTAL		1021.14	

* Precio de acuerdo a la delegación Iztapalapa, CDMX.

Cuadro 5. Precio de jitomate cherry en el mercado

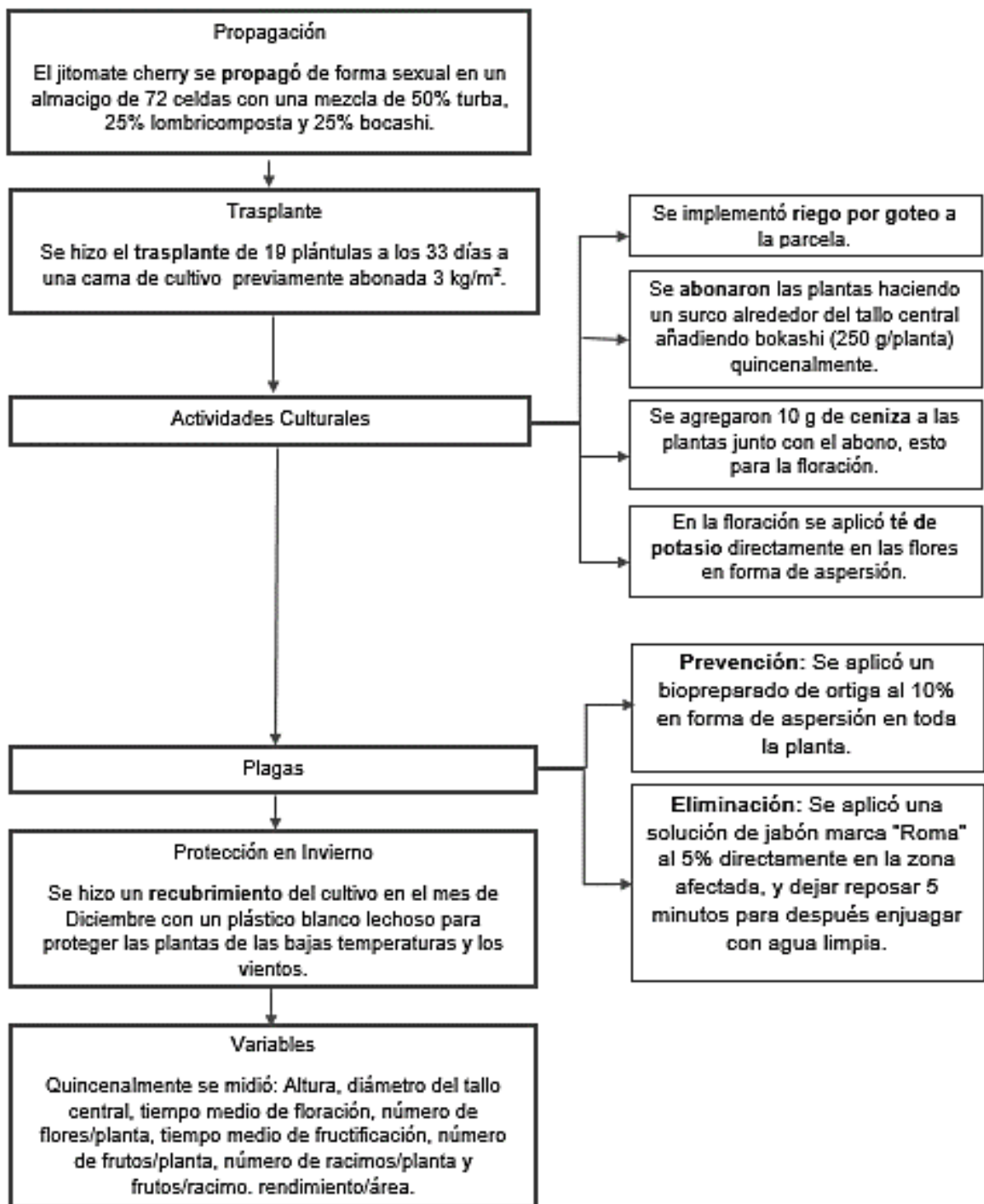
	MARCA	PESO (g)	COSTO \$MN
Walt Mart	Mr. Lucky	284	34.90
Chedrahui	Mr Lucky	284	22.70
Superama	Mr Lucky	284	34.90
La Comer	Campo Vivo	280	38.80

10.8 Índice costo beneficio

El índice costo beneficio resulto desfavorable en ambos cultivos, el policultivo obtuvo un valor de 0.625 mientras que el monocultivo de 0.86, esto quiere decir que se generan pérdidas económicas.

10.9 Paquete biotecnológico

El jitomate cherry se puede cultivar en época de primavera e invierno, en este caso se cultivó en época de invierno donde se realizó un plan de manejo que va desde la siembra hasta la cosecha. El plan de manejo para el jitomate cherry se presenta en el siguiente diagrama así como en la ficha técnica (Fig. 20).













VIII. MANEJO DEL CULTIVO ORGÁNICO DEL JITOMATE CHERRY																												
MES	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO			
SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
ETAPAS DE DESARROLLO	GERMINACIÓN Y EMERGENCIA				DESARROLLO DE HOJAS Y BROTES LATERALES APARICIÓN INFLORESCIENCIAS FORMACIÓN, DESARROLLO Y MADURACIÓN DE FRUTOS																							
																												
ACTIVIDADES CULTURALES	SIE M B R A	CUIDADE EN ALMACIGO				TR A S P L A N T E				TUTORADO				DESHIERBE ELIMINACIÓN DE BROTES APLICACIÓN DE BIOPREPARADO DE ORTIGA APLICACIÓN DE TÉ DE POTASIO ABONADO														
						ELIMINACIÓN DE MALEZAS ABONADO SISTEMA DE RIEGO								COSECHA														
PROTECCIÓN DE CULTIVO																	COBERTURA CON PLASTICOS BLANCOS LECHOSOS											
PLAGAS																												

Fig. 20: Ficha técnica, plan de manejo para cultivo de jitomate cherry en invierno.

XI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

11.1 Emergencia y supervivencia.

El porcentaje de emergencia del lote estudiado fue alto (78.47%), por lo que la calidad de la semilla utilizada fue buena. La supervivencia para las plantas de jitomate cherry a lo largo del estudio fue del 100%.

11.2 Altura, diámetro y tasa de crecimiento relativo (TCR).

La altura de las plantas de jitomate cherry no presentó diferencias estadísticas ($p \geq 0.05$) entre tratamientos. En el policultivo, a pesar de haber estado constituido por dos especies, la asociación no resultó desfavorable para la variable altura, debido a que la borraja puede considerarse como un cultivo de cobertura por sus hojas anchas que cubren el suelo y contribuyen a la conservación del agua. Hernández *et al.* (2009), mencionan que los cultivos de cobertura en la agricultura son importantes porque mejoran la absorción del agua, la conservación del suelo por reducir el impacto de la gota, la escorrentía, la lixiviación de nutrientes y la erosión del suelo, la supresión de las malezas y, disminuye la diseminación de numerosos patógenos; sin embargo éstas coberturas pueden llegar a tener competencia con el cultivo principal. Vélez-Vargas *et al.* (2011), consignan la competencia que puede haber entre cultivos, principalmente por luz, la cual afecta significativamente el desarrollo del área foliar, en donde la planta sombreada podría reducir la disponibilidad de fotoasimilados para el crecimiento de la raíz, afectando negativamente la toma de nutrientes.

En este estudio, no se presentaron diferencias significativas entre las plantas del mono y policultivo como consecuencia de la no competencia por la luz debido a que el jitomate es una especie fotosíntesis C4, y la borraja aunque no se tienen datos en la literatura fue una especie que creció bien bajo la sombra que ejerció el jitomate. La altura de las plantas se encuentra dentro de lo que menciona la literatura. Montiel (2013), reporta resultados similares a los de este experimento, trabajó con un cultivo orgánico de jitomate cherry a cielo abierto, y obtuvo plantas con una altura de 105

cm a los 7 meses. En este estudio la misma altura se alcanzó en un periodo más corto (3 meses 28 días).

Por otro lado, en el policultivo si se afectó el diámetro y la biomasa del follaje de las plantas de jitomate, debido posiblemente a una competencia por nutrientes, como consecuencia del gran desarrollo radical de la borraja, el cual inhibió el crecimiento de las raíces del jitomate cherry. La borraja requiere grandes cantidades de nitrógeno para el desarrollo foliar, de aquí que pudo presentarse una competencia por este nutrimento, con las plantas de jitomate, presentándose como consecuencia la afectación del diámetro del tallo y la biomasa foliar (Vélez-Vargas *et al.*, 2011).

El monocultivo presentó el mayor diámetro del tallo, con 4.2 cm a diferencia de los 2.6 cm del policultivo. González (2018), menciona que el tallo del jitomate puede tener un grosor de hasta 2.5 cm, para lo cual menciona que una planta con tallo delgado formará frutos pequeños. De aquí que los frutos del monocultivo presentaran un tamaño mayor que los de policultivo.

La tasa de crecimiento relativo (TCR) para el policultivo (0.023 d^{-1}) no presentó diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) con el monocultivo (0.025 d^{-1}). Barraza *et al.* (2004), estudiaron el proceso de crecimiento del jitomate y en la TCR mostró un decremento a lo largo del desarrollo del cultivo, estos resultados coinciden con los valores que se obtuvieron en el presente trabajo, considerando la misma edad de las plantas (86 días después de la siembra, 0.02 día^{-1}). Barraza *et al.* (2004), establecen que la TCR disminuye con el desarrollo de las plantas, debido a que la floración y la fructificación requieren gran cantidad de fotosintatos, donde la parte vegetativa se ve limitada y su crecimiento disminuye.

11.3 Floración y fructificación

La floración se presentó en el policultivo 10 días antes que en el monocultivo, a los 35 ddt, como una consecuencia directa de una mejor disponibilidad de la luz solar sobre la cama de cultivo, que la del monocultivo, donde se presentaron mayores variaciones entre luz y sombra (Anónimo, 2017), y según el modelo “Coincidencia Externa del foperiodismo” de Pittendrigh and Minnis, resalta que una señal externa

—en este caso la duración del día- tiene que coincidir de cierta manera con los ritmos internos de la planta para provocar la floración. Estos ritmos son ritmos circadianos, patrones en la expresión génica o la fisiología que se repiten en un ciclo de 24 horas y que son determinados por el reloj interno de la planta (Blázquez *et al.*, 2011).

La forma en que funciona el modelo de coincidencia externa se ha dilucidado con mayor claridad en la planta de día largo *Arabidopsis*, una pariente de la mostaza. En esta planta, la concentración de un RNA mensajero específico que codifica una proteína que induce la floración sube y baja en un ciclo circadiano, donde la concentración del RNA aumenta notoriamente al anochecer (Blázquez *et al.*, 2011). Cuando no hay luz al anochecer, la alta concentración del RNAm no le sirve a la planta. Eso es porque la proteína que induce la floración suele degradarse en cuanto se produce. Sin embargo, si hay luz cuando debería anochecer —un día largo—, los fotoreceptores se activan y salvan a la proteína de la degradación. Así, la proteína puede acumularse y desencadenar la floración.

Aunado a esto, Paye (2015), nos dice que cuando la luminosidad es reducida pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración. En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad. Por lo tanto la floración retardada en el monocultivo se atribuye a que en esta parcela se presentó una variable que en el policultivo no, la presencia de un árbol que causaba sombra en diferentes partes del día, causando menor luminosidad sobre el cultivo.

Sin embargo a pesar de que el policultivo floreció antes, ambos cultivos fructificaron al mismo tiempo (84 días), también cabe mencionar que en el número de flores y de frutos no hubo diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$).

11.4 Calidad del fruto

Para el tamaño de los frutos se midió el diámetro ecuatorial y polar, en ambos hubo diferencias significativas estadísticas, en donde los del monocultivo presentaron los

mayores valores. Vélez-Vargas *et al.* (2011), atribuyen el tamaño de frutos pequeños en hortalizas a algún tipo de competencia como por ejemplo por nutrientes, como en este trabajo al estar asociada la borraja al jitomate cherry pudo presentarse algún tipo de competencia.

El peso del fruto en ambos tratamientos, presentó una correlación positiva entre diámetro polar y el peso. Esto representa en ambos casos frutos con una morfología casi redonda y por lo tanto más atractivos para el mercado.

Los resultados de grados Brix entre ambos cultivos presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$), el policultivo con 7.9° Brix, casi dos unidades por encima del monocultivo (6° Brix). Estos valores pueden ayudar a seleccionar la variedad o a programar la cosecha, y sirven de guía para otros aspectos de la producción de cultivos, incluyendo riego, fertilización y manejo poscosecha. El riego y los niveles de humedad del suelo es una de las variables que pueden afectar los niveles de grados Brix. Por ejemplo, la poca disponibilidad de agua durante el desarrollo de los frutos podría aumentar el contenido de sólidos solubles en los mismos; pero también podría reducir el rendimiento total de los frutos (Rizo, 2015).

En el caso del policultivo el valor de grados Brix coincide con lo reportado por Márquez y Cano (2005), quienes reportan para jitomate cherry 7.23° Brix en un cultivo con diferentes mezclas de sustratos orgánicos. González *et al.* (2014), consignan que altos valores de este atributo están relacionadas con la calidad organoléptica y nutritiva de los derivados de los frutos (néctares, jugos, pulpas, etc.).

La calidad se define como el grado de excelencia o superioridad de un producto. Los parámetros de calidad de las hortalizas, frutas y vegetales varían con las preferencias de los consumidores y están en dependencia de diferentes características y atributos del producto; sin embargo, no existe un solo tipo de calidad, actualmente se habla de calidad de mercado, calidad nutritiva y calidad comestible (Alarcón, 2013), por lo que como se presenta en este trabajo, en el policultivo no se obtuvo un rendimiento mayor, pero sí una cosecha de mejor calidad según los grados Brix al tener un mejor sabor.

Los nitratos en los frutos de ambos cultivos no presentaron diferencias significativas; en este trabajo se registraron frutos con 280 y 319 ppm para poli y monocultivo respectivamente en contenido de nitratos, sin embargo no hay una normativa nacional ni en general para los países de América, que indique los valores límites permisibles; sin embargo, comparando con otros países se encontró lo siguiente:

Leyva *et al.* (2005), reportan que la normativa en Rusia, establece valores máximos para nitratos de 60 mg kg^{-1} en fruto fresco. Hernández *et al.* (2005), por su parte mencionan que en Cuba, el jitomate orgánico cultivado a cielo abierto, presenta valores por debajo de los 150 mg/kg de fruto, valor que representa el límite permisible para el consumo.

Por otro lado, Alemania establece que el consumo diario de nitratos que no produce daño a la salud de las personas, es de 3.65 mg por kg de peso corporal, lo que corresponde a 255.5 mg de nitratos para un individuo de 70 kg de peso (Leyva-Ruelas *et al.*, 2005).

Paye (2015), en su estudio reporta contenidos de nitratos en diferentes partes de la planta de jitomate, incluido el fruto que presentó 374.85 ppm , para el tallo se obtuvo 312.77 ppm , mientras que para el peciolo 298.375 ppm , y el resultado más alto lo obtuvieron las hojas con 458.375 ppm .

En frutos producidos por la agricultura convencional, no se tienen reportes que manejen la cantidad de nitratos que presentan los frutos del jitomate. En este trabajo, se midió la concentración de nitratos en jitomates cherry que se venden en el mercado, encontrando valores promedio de $1,192.5 \text{ ppm}$ ($n=10$), lo cual significa frutos con casi 3.5 veces más de nitratos en relación a un cultivo orgánico reportado en este trabajo.

La toxicidad derivada de la presencia de nitratos en alimentos o en agua potable es debida, por una parte, a los efectos producidos por un exceso de nitratos en la dieta y, por otra, a que pueden causar la formación endógena de N-nitrosocompuestos (nitrosaminas y nitrosamidas), de efectos cancerígenos. Puede afirmarse que el nitrato por sí mismo es una sustancia no-tóxica. No obstante, se conoce que

aproximadamente el 5% de la ingesta de nitrato se transforma en el tracto gastrointestinal en nitrito, cuya toxicidad es elevada. Los únicos efectos tóxicos del nitrato son aquellos resultantes del nitrito formado por la reducción mediante enzimas bacterianas (ELIKA, 2006), acompañado de una disminución de vitamina A, B y carotenos (Doñate, 2013).

Sin embargo una ingesta elevada de nitrato conduce a una alta concentración de nitrato en saliva, orina y sangre pero en el transcurso de 24 horas la mayoría del nitrato ingerido es eliminado vía urinaria, lo que implica que los niveles normales ingeridos de nitrato son seguros y no tóxicos para la mayoría de la población (ELIKA, 2006).

Algunas formas para reducir el contenido de nitratos en las hortalizas es lavando cuidadosamente las partes de las plantas que vamos a consumir (hojas, tallos, frutos, etc.), cocinando los vegetales, y además no guardar en recipientes plásticos (Gimferrer, 2008).

Actualmente existen diferentes teorías que explican los procesos por los cuales se acumula nitrato en vegetales. Maynard *et al.* (1976), postularon una de ellas donde refiere que la acumulación se debía a una reducción de la actividad de la enzima nitrato reductasa (NR) inducida por una disminución de la radiación lumínica interceptada por el cultivo.

La radiación afecta a procesos de la absorción y asimilación del nitrato. Al disminuir la intensidad luminosa, o el tiempo de exposición de la luz, aumenta el contenido de nitrato acumulado. La luz es imprescindible para la producción de azúcares solubles necesarios para la osmorregulación celular. A su vez, la radiación aporta la energía necesaria para la absorción del nitrógeno y la síntesis de proteínas. El primer paso en la asimilación del nitrato consiste en su reducción a nitrito por medio de la actividad de la enzima nitrato reductasa (NR). La limitación de la luz, tanto en intensidad como en tiempo de exposición por la duración del fotoperiodo, genera un aumento de contenido en nitrato (Doñate, 2013).

Además, los contenidos de nitrato en hortalizas son generalmente más altas en invierno, derivado de la baja intensidad lumínica y las pocas horas diarias de luz (ELIKA, 2006). Teniendo en cuenta esto es recomendable que este cultivo se realice en época de primavera para poder ver las diferencias, ya que los resultados que aquí se muestran fueron obtenidos en época de invierno, donde la radiación solar disminuye.

11.5 Índice de Dickson, Índice de Cosecha y Uso eficiente de la tierra.

El índice de Dickson, refiere que la mejor calidad morfológica de la planta se obtuvo con el policultivo, ya que hay un mejor equilibrio entre el diámetro y la altura, así mismo como la borraja actúa como un cultivo de cobertura que entre los beneficios que genera esta la protección del suelo contra la erosión, incremento de la materia orgánica, estabilidad estructural de los suelos; aportes de nitrógeno por fijación biológica si se trata de una leguminosa; mejoras en la eficiencia de uso del agua de suelo y competencia con malezas de difícil control con herbicidas (Hernández *et al.* 2009).

En el índice de cosecha (IC) no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, es decir que tanto en el policultivo como en el monocultivo, el rendimiento fue igual. No se encontraron valores de Índice de cosecha para jitomate cherry, sin embargo estudios realizados en el cultivo del frijol, evidencian diferencias en el IC entre cultivares, y generalmente, donde se alcanzó mayor valor de esta variable se encontraron los mayores rendimientos (Morales-Rosales et al, 2008).

El índice de cosecha es la diferencia entre la productividad biológica y la productividad económica, representa la fracción entre el rendimiento o productividad económica y el rendimiento o productividad. Este índice representa, por lo tanto, la eficiencia del cultivo de una determinada especie vegetal, o variedad dentro de una especie, en la conversión fotosintética en materia orgánica económicamente útil. Desde una perspectiva diferente, no es más que la distribución relativa de la biomasa total de la planta hacia aquellas partes económicamente valoradas. En este caso el índice de cosecha fue de 2.7 para el

monocultivo y de 3.02 para el policultivo, esto significa que la eficiencia del cultivo de jitomate cherry, tanto en policultivo como en monocultivo en la conversión fotosintética en materia orgánica económicamente útil fue casi igual, de aquí que el análisis estadístico no reflejara diferencias; sin embargo en el policultivo parece ligeramente mayor.

Chacón *et al.* (2011), menciona que los valores de IC pueden variar entre fechas de siembra para un mismo cultivar y se destaca, además, que puede influir la densidad de siembra y las condiciones climáticas prevalecientes en las distintas fases de desarrollo del cultivo, considerando que para este trabajo tanto el poli como el monocultivo se sembraron al mismo tiempo y bajo las mismas condiciones climáticas, el IC no presentó diferencias.

Si el valor del UET de una asociación es menor a 1, hay una desventaja en la producción en asociación; si es igual a 1, no hay diferencia alguna; y si es mayor de 1, hay ventaja en la asociación (Espinal, 2011).

En el uso eficiente de la tierra se obtuvo un valor menor a 1 (0.8) por lo tanto el policultivo obtuvo un menor rendimiento que el monocultivo e indica una desventaja en el rendimiento, esto probablemente se vio afectado por la competencia entre cultivos, en este caso entre la borraja y el jitomate cherry, ya que a pesar de tener numerosos beneficios, en la asociación de especies, también se puede presentar una competencia por diversos recursos, como el de nutrientes principalmente.

11.6 Rendimiento

El rendimiento en los dos tratamientos fue bajo, 0.58 kg/m² en el policultivo y 0.78 kg/m² en el monocultivo, comparado con lo reportado en la literatura. Márquez *et al.* (2006) reportan rendimientos de 4.85 kg/m² bajo condiciones de invernadero, lo cual es similar también a lo que han reportado Márquez-Quiroz *et al.* (2014) con un rendimiento de 4.7 kg/m² al trabajar con un cultivo de jitomate cherry con el uso de sustratos orgánicos bajo condiciones protegidas.

A pesar del que el UET fue menor de 1, la asociación borraja-jitomate cherry es favorable para la atracción de polinizadores, así como la conservación de agua en el sustrato, mejora los grados Brix y por lo tanto la calidad organoléptica de los frutos y genera un mejor índice de esbeltez en las plantas.

Es importante resaltar que en un policultivo se tienen dos especies o más, en este caso dos de las que se pueden obtener beneficios económicos, ya que las hojas y las flores de la borraja se utilizan en infusiones o cataplasmas para tratar asma, conjuntivitis, erupciones cutáneas, fiebres eruptivas, heridas, resfriados, sarampión, úlceras y también para preparar ensaladas (Vit, 2002).

XI. CONCLUSIONES

El policultivo borraja-jitomate cherry, no mejoró el rendimiento de las plantas en cuanto a frutos/planta y por área, así como en cuanto al tamaño de los frutos.

El policultivo borraja-jitomate cherry, mejoró el contenido de grados Brix en los frutos y el índice de robustez de las plantas.

El policultivo ofrece la cosecha de dos productos, los frutos del jitomate, y las flores y hojas de la borraja como planta medicinal.

El contenido de nitratos en los frutos de jitomate cherry, fueron iguales en ambos tratamientos, pero un 300% menor al contenido de los jitomates producidos en sistema convencional.

El policultivo es un manejo holístico en donde se mejora el sabor de los frutos del jitomate y se contribuye a la atracción y conservación de polinizadores como la abeja *Apis mellífera* así como al control de plagas como los áfidos.

La hipótesis de este trabajo se demostró parcialmente, ya que la borraja intercalada no mejoró el rendimiento, pero sí el sabor de los frutos, así como el índice de robustez, mejorando la calidad morfológica de las plantas.

XII. REFERENCIAS

Alarcón, A. (2013) Calidad postcosecha del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en sistemas ecológicos de fertilización. Tesis de doctorado. Universidad Politécnica de Madrid. 21-25.

Alcázar, J. (2010) Manual Básico “Producción de Hortalizas”. Chiapas, México. Escuela Oficial Rural Mixta, de la Colonia María Luisa III, de la aldea Santo Tomás de Castilla, Municipio de Puerto Barrios, departamento de Izabal, México. 9-14.

Altieri, M., y Nicholls, C. (2000) Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental, PNUMA. 13-19.

Anónimo (2017) Bioestimulación de la Floración en Cultivos Hortofrutícolas. INTAGRI. Recuperado en <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulacion-de-la-floracion-en-cultivo-hortofruticolas>

Barraza, F., Gerhard, F., y Cardona, C. (2004) Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate. *Agronomía Colombiana*, 22(1), 81-90.

Blázquez, M. A., Piñeiro, M., y Valverde, F. (2011) Bases moleculares de la floración. *Investigación y ciencia*, 416, 28-36.

Céspedes, C. (2005) Agricultura Orgánica. Principios y prácticas de producción. *Boletín INIA – N° 131*, Chile. 21-25

Chacón, A., Cardoso, S., Barreda, A., Colás, A., Alemán, R. y Rodríguez, G. (2011) Acumulación de materia seca, rendimiento biológico, económico e índice de cosecha de dos cultivares de soya (*Glycine max* L.). *Centro Agrícola*, 38(2):5-10

Merr.] en diferentes espaciamientos entre surcos

Cih-Dzul, I. R., Jaramillo-Villanueva, J. L., Tornero-Campante, M. A., & Schwentesius-Rindermann, R. (2011) Caracterización de los sistemas de producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en el estado de Jalisco, México. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 501-512.

CONABIO (2009) *Lycopersicum esculentum* – Ficha Informativa. Recuperada en <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/lycopersicon-esculentum/fichas/ficha.htm>

De la Cruz-Lázaro, E., Estrada-Botello, M. A., Robledo-Torres, V., Osorio-Osorio, R., Márquez-Hernández, C., y Sánchez-Hernández, R. (2009) Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y ciencia*, 25(1), 59-67.

Dimas, N. R., Ríos, P. C., Viramontes, U. F., Gil, A. P., Chávez, E. F., Reyna, V. D. P. Á., y Reséndez, A. M. (2008) Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(3), 265-272.

Doñate, M. (2013) Efecto de diferentes enmiendas orgánicas sobre el rendimiento y la concentración de nitrato en un cultivo ecológico de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en invernadero. Tesis Magíster en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur. 23-27.

ELIKA (2006) Nitratos y nitritos en hortalizas de hoja verde. Fundación vasca para la seguridad alimentaria. España. 9-11.

Elorza, M. (2016) Cultivo de huertos y practicas asociadas. Recuperado de <http://www.munistgo.info/medioambiente/wp-content/uploads/2016/10/Cultivo-de-un-huerto.pdf>

Espinal, S. (2011) Un sistema de siete hortalizas en policultivos con cuatro dosis de fertilización evaluando rendimientos, uso equivalente del terreno (UET), UET financiero y de nutrientes. Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingenieros Agrónomos en el Grado Académico de Licenciatura. Zamorano, Honduras.

FAO (2003) Agricultura Orgánica, Ambiente y Seguridad Alimentaria. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/005/y4137s/y4137s0d.htm>

FAO (2013) Compartiendo Prácticas en Agricultura Orgánica. Ruta del Aprendizaje. Republica de Dinamarca. Recuperado de http://americalatina.procasur.org/images/Rutas_realizadas/Bitacora_de_Ruta.pdf

Garcia, S. y Davis, J.H.C. (1983) Principios básicos de la asociación de cultivos. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 9

Gil Medina L. del C. y Ocampo Velázquez R. V. (2009) Producción y procesamiento de jitomate en el campus Amazcala. Universidad Autónoma de Querétaro. Recuperado de https://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2009/3VeranoIntroduccion_12/2_Gil_Medina.pdf

Gimferrer, N. (2008) Nitratos en vegetales. Consumer. EROSKI. Recuperado en <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2008/07/02/178187.php>

Gómez Tovar, L., & Cruz, M. G. (2004) La agricultura orgánica en México y en el mundo. Biodiversitas, 55, 13-15.

Gómez, K. (2013) Evaluación del efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos en el suelo, caso de estudio: cultivo de jitomate en invernadero tipo túnel. Tesis para obtener el título de Licenciada en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma del Estado de México. 32

González Loaiza, D. I., Ordóñez Santos, L. E., Vanegas Mahecha, P., y Vásquez Amariles, H. D. (2014) Cambios en las propiedades fisicoquímicas de frutos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) cosechados en tres grados de madurez. Acta Agronómica, 63(1).

Gonzales, E. (2018) Rendimiento de jitomate guaje (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en un cultivo intercalar con caléndula (*Calendula officinalis* L.) y con la aplicación de microorganismos eficientes. Tesis para obtener el grado de Biólogo. Universidad Nacional Autónoma de México. 25-40.

Grajales-Conesa, J., Meléndez-Ramírez, V. y Cruz-López, L. (2011) Aromas florales y su interacción con los insectos polinizadores. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(4), 1356-1367.

Gutiérrez-Martínez, A., Aguilar, C., Galdámez, J., Mendoza-Pérez, S y Martínez, F. (2007) Impacto socioeconómico de los sistemas de policultivos maíz-frijol-calabaza en la Frailesca, Chiapas, México. En: I Seminario de cooperación y desarrollo en espacios rurales iberoamericanos sostenibles e indicadores. Almería, España.

Hernández, Y., Alfaro, E., Mederos, D. y Rivas, E. (2009) Las coberturas vivas en sistemas de cultivos agrícolas. *Temas de ciencia y tecnología*. Vol. 13 Número 38, 7-16 pp

Hernández, M., Chailloux, L. M., Salgado, J. M., Marrero, G. V., Ojeda, A., y McDonald, C. J. (2005) Efecto de la fertilización nitrogenada y la biofertilización en la calidad y conservación postcosecha del tomate. In XVI forum deficiencia y Técnica Base, Liliana Dimitrova La Habana. Cuba. 15-18.

Lampkin, N. (2001). *Agricultura ecológica* (No. 631.584 L238a). Madrid, ES: Mundi-Prensa. 115.

Leyva-Ruelas, G., Sánchez-García, P., Alcántar-González, G., Valenzuela-Ureta, J. G., Gavi-Reyes, F., y Martínez-Garza, Á. (2005) Contenido de nitratos en extractos celulares de pecíolos y frutos de tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(2).

Márquez C. y Cano P. (2005) Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Actas Portuguesas de Horticultura* No. 5, Vol 1: 219-224

Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P., Chew-Madinaveitia, Y., Moreno-Reséndez, A. y Rodríguez-Dimas, N. (2006) Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(2): 183-189.

Márquez-Quiroz, C., Cano-Ríos, P., Robles-Toledo, V. y Palomo-Gil, A. (2014) *Avances y Resultados de Proyectos de Investigación*, Libro Electrónico,

Publisher: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Dirección de Investigación, pp.54-58.

Maynard, D., Barker A., Minotti, P. y Peck, N. (1976) Nitrate accumulation in vegetables. *Advances in Agronomy*, 28: 71-118

Molina-Anzures, M. F., Chávez-Servia, J. L., Gil-Muñoz, A., López, P. A., Hernández-Romero, E., y Ortiz-Torres, E. (2016) Eficiencias productivas de asociaciones de maíz, frijol y calabaza (*Curcubita pepo* L.), intercaladas con árboles frutales. *Phyton* (Buenos Aires), 85(1), 36-50.

Montiel, A. (2013) Regulación de plagas presentes en cultivos de jitomate cherry (*Lycopersicum esculentum* L. Mill) y haba (*Vicia faba* L.). Tesis para obtener el grado de Biólogo. Universidad Nacional Autónoma de México. 8-15

Morales-Rosales, E., Escalante-Estrada, J. y López-Sandoval, J. (2008) Crecimiento, índice de cosecha y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en unicultivo y asociado con girasol (*Helianthus annuus* L.). *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo*. 24(1): 1-10

Ochoa-Martínez, E., Figueroa-Viramontes, U., Cano-Ríos, P., Preciado-Rangel, P., Moreno-Reséndez, A., y Rodríguez-Dimas, N. (2009) Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 15(3), 245-250.

Paye, V. (2015) Evaluación del comportamiento productivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) a diferentes niveles de nitrógeno con fertirriego y su efecto residual en los frutos comerciales. Tesis de Maestría. Bolivia. 35-41

Pérez Vázquez, A. y Landeros Sánchez, C. (2009) Agricultura y deterioro ambiental. *Elementos* 73, 19 – 25

Rindermann, R. S., Cruz, M. Á. G., Rufino, J. O., y Tovar, L. G. (2014) México orgánico. Situación y perspectivas. *Agroecología*, 9, 7-15.

Rizo, E. (2015) ¿Qué afecta a los valores Brix? Recuperado de <https://www.hortalizas.com/cultivos/que-afecta-a-los-valores-brix/>

Romero, E. (2013) Modelo de producción de cultivos asociados, bajo la influencia de las fases lunares, utilizando camas biointensivas. Tesis para obtener el grado de Licenciada en Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 6-10

SAG (2013) Agricultura orgánica nacional. Bases técnicas y situación actual. Servicio Agrícola y Ganadero, Chile. 13-20.

SAGARPA (2017) Jitomate mexicano. Recuperado en <http://www.consejagri.mx/images/PLANEACION%20AGRINAL%20MEX/CON%20POTENCIAL%20DE%20MERCADO/Potencial-Jitomate.pdf>

Torralba, M. R. (2010) Dinámica de la población de insectos en un sistema de policultivo orgánico maíz-frijol-calabaza. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Agroecología. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. 25-28

Valle García, I. E. (2013) Poda de jitomate cherry (*Lycopersicon esculentum* Mill var. cerasiforme (Dunal) A. Gray.) bajo invernadero en la Comarca Lagunera

Vélez-Vargas, L., Moya, A. y Clavijo, L. (2011) Relaciones de Competencia entre el Fríjol Trepador (*Phaseolus vulgaris* L.) y el Maíz (*Zea mays* L.) sembrados en Asocio. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 64(2): 6065-6079.

Vit, P. (2002) *Borago officinalis* L. Ficha botánica de interés apícola en Venezuela, No. 1 Borraja.