



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

LA INOCULACIÓN DEL FRÍJOL EJOTERO (*Phaseolus Vulgaris* L.)
Y SU EFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO FINAL DE CEBOLLA
(*Allium cepa* L.), CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annum* L.) Y
TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* Brot.) CON MANEJO
ORGÁNICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

I N G E N I E R O A G R Í C O L A

P R E S E N T A :

BENITO BARRANCO BUSTAMANTE

ASESOR: M. C. EDVINO JOSAFAT VEGA ROJAS



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 dos grandes personas que se esforzaron para brindarme la oportunidad de estudiar una carrera, a mis padres:

MARIANO BARRANCO MANNING. (qepd)

ROBERTA BUSTAMANTE DE BARRANCO.

Como muestra de gratitud por inculcarme los valores que todo hijo necesita para ser una persona de bien y que sepan que sus esfuerzos por brindarme una educación rindió frutos.

A mi tío, Juan Bustamante Reyes, ya que fue parte importante para lograr estudiar una carrera profesional, porque siempre me alentó a seguir adelante y me brindó su confianza.

A mis hermanos: Margarita, Juan, Martha, Guillermo, Patricia y Gerardo, por el apoyo que me han brindado, aún en los momentos más difíciles.

A mi asesor de tesis, M. C. Edvino Josafat Vega Rojas, porque además de brindarme la oportunidad de realizar este trabajo, me brindó lo más importante para mi: su dedicación, su sabiduría, su paciencia y su amistad.

A mi gran amiga y compañera de generación, Teresa Atayde Sánchez, por su apoyo incondicional en los momentos difíciles y por su enorme amistad.

A mis compañeros de generación, Jesús Durán Guzmán y Raúl Hernández Cruz, por su amistad y por los grandes momentos que compartimos en la Universidad y en el estado de Querétaro. Además de que siempre han confiado en mí.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme la oportunidad de estudiar una carrera profesional.

A los miembros del jurado:

Dr. Arturo Aguirre Gómez

M. C. Edvino Josafat Vega Rojas

Ing. Raúl Espinoza Sánchez

Ing. Francisco Javier Vega Martínez

M. C. Juan Roberto Guerrero Agama

Por la atinadas observaciones y sugerencias hechas, que permitieron enriquecer este trabajo

A todas aquellas personas que de alguna u otra manera cooperaron en la realización de este trabajo

CONTENIDO

	Página
Índice de cuadros.	I
Índice de figuras.	II
Resumen.	III
1. Introducción.	1
2. Objetivos.	4
3. Hipótesis.	4
4.Revisión de literatura.	5
4.1. Estudio del inóculo.	
4.1.1. El nitrógeno.	5
4.1.2. La simbiosis rizobio-leguminosa.	6
4.1.3. Taxonomía.	7
4.1.4. El proceso de nodulación.	8
4.1.5. La inoculación.	10
4.1.6. Aplicación práctica de <i>Rhizobium sp.</i> en cultivos de frijol común (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>).	11
4.2. El cultivo del frijol ejotero (<i>Phaseolus vulgaris L</i>)	
4.2.1. Origen.	11
4.2.2. Importancia.	12
4.2.3. Usos.	12
4.2.4. Taxonomía.	12
4.2.5. Descripción botánica.	13
4.2.6. Requerimientos climáticos y edáficos.	14
4.2.7. Proceso productivo.	15
4.2.8. Valor nutritivo.	24
4.3. El cultivo del tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa Brot.</i>	
4.3.1. Origen.	24
4.3.2. Importancia.	24
4.3.3. Usos.	25
4.3.4. Taxonomía.	25

4.3.5. Descripción botánica.	26
4.3.6. Requerimientos climáticos y edáficos.	27
4.3.7. Proceso productivo	28
4.3.8. Valor nutritivo.	35
4.4. El cultivo de la cebolla (<i>Allium cepa</i> L.)	
4.4.1. Origen.	36
4.4.2. Importancia.	36
4.4.3. Usos.	36
4.4.4. Taxonomía.	36
4.4.5. Descripción botánica.	37
4.4.6. Fenología.	40
4.4.7. Requerimientos climáticos y edáficos.	41
4.4.8. Proceso productivo.	42
4.4.9. Valor nutritivo.	48
5. El cultivo del chile jalapeño (<i>Capsicum annum</i> L.)	
5.5.1. Origen.	49
5.5.2. Importancia.	50
5.5.3. Usos.	50
5.5.4. Taxonomía.	51
5.5.5. Descripción de los subtipos de chile jalapeño.	51
5.5.6. Descripción botánica.	53
5.5.7. Requerimientos climáticos y edáficos.	54
5.5.8. Proceso productivo.	55
5.5.9. Valor nutritivo.	62
5. Materiales y métodos.	63
5.1. Caracterización de la zona de estudio.	63
5.2. Toma de muestras y análisis de suelo.	65
5.3 Ubicación del experimento.	66
5.4 Diseño experimental.	67
5.5. Materiales utilizados.	67
5.6. Establecimiento y manejo del experimento.	68

5.7. Variables a evaluar.	70
5.8. Análisis estadístico.	71
6. Análisis de resultados y discusión.	72
6.1. Evaluación de la fertilidad del suelo.	72
6.2. Evaluación estadística de la inoculación del frijol ejotero.	74
6.3. Evaluación estadística de la inoculación del frijol ejotero sobre tomate de cáscara, cebolla y chile jalapeño.	77
7. Conclusiones.	81
8. Bibliografía.	82
9. Anexo.	87

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro		Página
1	Nitrógeno fijado por leguminosas de grano.	7
2	Nitrógeno fijado por leguminosas forrajeras.	7
3	Composición nutritiva (100 g ⁻¹) de la cebolla.	49
4	Valor nutritivo promedio del chile verde y seco (por 100 g de porción comestible).	63
5	Valor nutritivo por tipo de chile (por 100 g de porción comestible).	63
6	Resultados de la muestra de suelo antes del experimento.	72
7	Resultados de la muestra de suelo sin inocular.	73
8	Resultados de la muestra de suelo inoculado.	74
9	Análisis de varianza tomando como dato básico peso por planta en frijol ejotero.	74
10	Prueba de Duncan con un intervalo de confianza de 0.05.	75
11	Evaluación estadística de los efectos de la inoculación del frijol ejotero.	75
12	Evaluación estadística de los efectos de la inoculación en el rendimiento del frijol ejotero.	76
13	Prueba de hipótesis para las medias aritméticas de tomate de cáscara.	78
14	Prueba de hipótesis para las medias aritméticas de cebolla.	78
15	Prueba de hipótesis para las medias aritméticas de chile jalapeño.	79
16	Producción nacional de frijol ejotero en el año 2003.	87
17	Producción de frijol ejotero orgánico en el año 2003.	87
18	Producción nacional de tomate de cáscara en el año 2003.	88
19	Producción de tomate de cáscara orgánico en el año 2003.	88
20	Producción nacional de cebolla en el año 2003.	89
21	Producción nacional de chile jalapeño en el año 2003.	90
22	Producción nacional de chile verde en el año 2003.	90
23	Resumen anual del comportamiento del clima en el año 2004. Estación Almaraz FES-Cuautitlán, UNAM, Campo 4	91

INDICE DE FIGURAS.

Figura		Página
1	Ciclo del nitrógeno en la naturaleza.	6
2	Dinámica de formación de un nódulo en la raíz en una leguminosa causado por <i>Rhizobium</i>	9
3	Diferentes formas del bulbo en cebolla (<i>Allium cepa</i> L.).	39
4	Fenología de la cebolla.	40
5	Ubicación geográfica del municipio de Cuautitlán Izcalli.	64
6	Distribución de tratamientos en bloques completamente al azar dentro de la parcela experimental.	67
7	Comparación estadística de los efectos de la inoculación con <i>Rhizobium leguminosarum</i> biovar <i>Phaseoli</i> en el rendimiento final del frijol ejotero.	75
8	Comparación de los efectos de la inoculación con <i>Rhizobium leguminosarum</i> biovar <i>Phaseoli</i> en el rendimiento final del frijol ejotero por tratamiento.	76
9	Comparación de los tratamientos con los rendimientos de frijol ejotero.	77
10	Comparación de los tratamientos con el rendimiento del tomate de cáscara.	78
11	Comparación de los tratamientos con el rendimiento de la cebolla.	79
12	Comparación de los tratamientos con el rendimiento del chile jalapeño.	80
13	Desinfección de la cama del almácigo por solarización.	92
14	Producción de plántula de chile jalapeño en invernadero.	92
15	Producción de plántula de cebolla en invernadero.	93
16	Plántula de tomate de cáscara preparándose para el trasplante.	94
17	Panorámica del cultivo base (frijol ejotero).	94
18	Tratamiento de frijol ejotero inoculado.	95
19	Tratamiento de frijol ejotero sin inocular.	95
20	Tratamiento de frijol ejotero sin inocular asociado con tomate de cáscara.	96
21	Tratamiento de frijol ejotero inoculado asociado con tomate de cáscara	96
22	El cultivo de cebolla sin inocular, después de la cosecha del frijol ejotero.	97
23	Plantas de chile jalapeño en época de cosecha.	97
24	Plantas de frijol ejotero en época de cosecha.	98
25	Plantas de chile jalapeño en época de cosecha.	98
26	Cosecha de cebolla de rabo.	99

1. INTRODUCCIÓN.

En México como en otros países del mundo, existe por parte del consumidor un creciente interés por conservar el ambiente. Entre otros factores, se ha puesto mucha atención a la producción agrícola y el consecuente uso de plaguicidas y otros agentes químicos. Por tal motivo se ha planteado la necesidad de recuperar los métodos tradicionales de cultivar la tierra y conjuntarlos con las nuevas técnicas de producción, para buscar la obtención de productos agrícolas libres de sustancias químicas, con un mejor precio en el mercado.

Esta técnica de producción se conoce como "Técnica de Producción Libre de Contaminantes Químicos" o "Agricultura Orgánica", que se caracteriza como un sistema que utiliza insumos naturales y prácticas especiales como: utilización de estiércoles, aplicación de compostas, utilización de abonos verdes, control biológico de plagas, uso de repelentes y funguicidas a base de plantas y minerales entre otros. Se basa en el mejoramiento y mantenimiento de las características del suelo por medio de la diversificación de cultivos y la asociación, rotación y manejo permanente de la cobertura del mismo y en la planificación de su uso, de acuerdo con la capacidad de soporte y aplicación de técnicas vegetativas y mecánicas. En cambio, prohíbe el uso de plaguicidas y fertilizantes de síntesis química. Esta forma de producción incluye en su particular filosofía, el mejoramiento de los recursos naturales y de las condiciones de vida de los productores, cumpliendo con ello con los principios de sustentabilidad. (Gómez, et al, 2001 y Núñez, 2002)

De acuerdo con la Asociación Mexicana de Productores Ecológicos (AMAE), la agricultura orgánica se define como el arte y la ciencia empleados para obtener productos agropecuarios sanos, mediante técnicas que favorecen las fuentes naturales de fertilidad del suelo sin el uso de agroquímicos contaminantes, mediante un programa preestablecido de manejo ecológico, mismo que pueda ser certificado en todas las fases del proceso y que comprenden desde la selección de las semillas hasta la venta del producto.

En la actualidad, en nuestro país, se ha dado un incremento de los productores que han realizado la conversión de sus tierras para producir productos orgánicos. Este es el subsector agrícola más dinámico, pues ha aumentado su superficie cultivada orgánicamente de 23,000 ha en 1996 a 103,000 ha en 2000, y para 2002 se estimó que alcanzó las 216,000 ha. Hoy en día la producción orgánica es una alternativa viable de producción que toma un valor agregado al momento de su venta, por su manejo

apropiado para la producción de un producto totalmente libre de agroquímicos y sobre todo sin dañar el ambiente (Gómez y Gómez, 2005)

Una de las técnicas de producción utilizadas en la agricultura orgánica es la asociación de cultivos, la cual consiste en sembrar diferentes especies, en el mismo tiempo y en el mismo espacio. La esencia de los cultivos múltiples es la intensificación de la producción de cosechas en cuatro dimensiones: tiempo, área cultivada, rendimiento por unidad de área y el espacio vertical. (Gómez, 1996) Generalmente, se alternan frutales, hortalizas o gramíneas con alguna leguminosa, que es la encargada de realizar la fijación biológica del nitrógeno disponible para las plantas. Por ello la interacción natural de estas plantas con una bacteria del suelo llamada *Rhizobium sp.* es ecológicamente importante, como medida para evitar el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados que deterioran el suelo y contaminan el ambiente. A pesar de que los rizobios son habitantes comunes en los suelos agrícolas, frecuentemente su población es insuficiente para alcanzar una relación benéfica con la leguminosa, o bien cuando los rizobios nativos no fijan cantidades suficientes de N₂ para las leguminosas es necesario inocular la semilla a la siembra y asegurar la fijación biológica del N₂. (Sánchez-Yañez, 1999)

La inoculación es tan importante que se ha optado por llamar a los inoculantes como fertilizantes biológicos, que ayudan a la planta a obtener el nitrógeno necesario en el momento adecuado, favoreciendo con esto buenos rendimientos. (Vega, et al, 2004)

De todas las especies de leguminosas, el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es la que mayor importancia tiene por su nivel de producción y de consumo que presenta en el mundo. El frijol, después del maíz, trigo y sorgo, es el cultivo predominante en las unidades de producción de México. Este constituye una fuente de alimentación proteica importante y habitual para nuestra población. Este grano contiene alrededor de 20% de proteínas de alta digestibilidad, constituidas por varios aminoácidos esenciales para el metabolismo humano, entre ellos isoleusina, leusina, fenilalanina, metionina y triptófano. Además, puede considerarse también como un alimento de alto valor energético, ya que contiene de 45 a 70 % de carbohidratos totales. Asimismo, aporta cantidades importantes de minerales. (Quintero, 2000)

Por otra parte, dentro del sector agropecuario en México, la horticultura es uno de los subsectores más dinámicos. El cultivo de hortalizas se realiza en apenas el 3% de la superficie nacional y su importancia radica en que aporta entre 15 y 20% del valor de toda la producción agrícola del país.

(Schwentenius y Gómez, 1992). Dentro del grupo de hortalizas más importantes que se producen en el país, se destacan el chile, la cebolla y el tomate de cáscara.

El cultivo en México de las especies de chile (*Capsicum annuum* L.) es relevante en el aspecto social y económico, puesto que su cosecha total en el país equivale al 80% de la producción en América Latina y, a la vez, representa el 10% de lo que se produce de este cultivo en el mundo. (FAO, 2003)

Por su parte, La cebolla se ha ubicado dentro de las hortalizas más consumidas e importantes de la alimentación del pueblo mexicano y se encuentra ubicada dentro del grupo de las 9 hortalizas que se utilizan en la alimentación de la población del país representando un consumo per cápita de 5.44 kilos por año, lo que representa el 11% de las hortalizas consumidas. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

En los últimos años, el tomate de cáscara se ha convertido en uno de los cultivos de mayor importancia en México, superado por chile, jitomate, ajo y cebolla; sobre todo en los últimos años, ha pasado de ser una hortaliza de importancia regional, a ser uno de los principales cultivos nacionales. (Güemes, et al, 2001)

El presente trabajo tiene como objeto principal hacer la evaluación del efecto de la inoculación del frijol ejotero como estimulante en la formación de nódulos que servirán como fuente de nitrógeno en el suelo y su influencia sobre el rendimiento final en kilogramos de tres cultivos hortícolas importantes, cebolla, chile jalapeño y tomate de cáscara en forma de cultivos asociados en la parcela experimental de la FES-Cuautitlán UNAM Campo 4.

RESUMEN

Hoy en día la producción orgánica es una alternativa viable de producción que nos permite obtener productos agrícolas sin la utilización de sustancias químicas, lo que redundaría en beneficios para el productor, ya que el producto adquiere un valor agregado al momento de su venta, por su manejo apropiado para la producción de un producto totalmente orgánico, y sobre todo sin dañar el ambiente.

El presente trabajo tiene por objeto evaluar el efecto de la inoculación del frijol ejotero y su efecto sobre el rendimiento de tres hortalizas, tomate de cáscara, cebolla y chile jalapeño bajo manejo orgánico. Para ello, el experimento se situó en la parcela experimental no. 12 de la FES-Cuautitlan, UNAM, campo 4, ubicada en el oeste del valle de Cuautitlán-Texcoco. La parcela se dividió en 24 unidades experimentales con una superficie de 18.4 m² cada una; para establecer 6 tratamientos con 4 repeticiones. Las unidades experimentales se distribuyeron por el método de bloques al azar, donde el frijol ejotero fue asociado con las hortalizas y los tratamientos fueron los siguientes: frijol inoculado-tomate de cáscara, frijol sin inocular-tomate de cáscara, frijol inoculado-cebolla, frijol sin inocular-cebolla, frijol inoculado-chile jalapeño y frijol sin inocular-chile jalapeño. Las semillas utilizadas fueron: frijol ejotero var. Strike Western, tomate de cáscara var. Rendidora, cebolla var. Río Blanco Grande F1 y chile jalapeño var. M. Americano.

Para evaluar los efectos de la inoculación sobre el suelo se tomaron muestras compuestas de suelo, antes del experimento y al final de la cosecha a los tratamientos inoculados y sin inocular.

Las hortalizas se establecieron en una cama de invernadero, que fue desinfectada por el método de solarización, para posteriormente transplantarlas al terreno definitivo. El frijol fue inoculado con Nitrobac A, que contiene bacterias del género *Rhizobium leguminosarum* biovar *Phaseoli*, y fue sembrado el 23 de abril del 2004 a doble hilera, con una distancia entre plantas de 60 cm para los tratamientos asociados con tomate de cáscara y chile jalapeño, y de 30 cm para los tratamientos asociados con cebolla. El primer trasplante fue del tomate de cáscara a doble hilera y a una distancia de 60 cm intercalado con el frijol ejotero, posteriormente se trasplanta el chile jalapeño con las mismas indicaciones y finalmente la cebolla a doble hilera y a una distancia de 10 cm entre plantas e intercaladas con el frijol ejotero.

Con respecto a la fertilidad del suelo, los resultados obtenidos muestran que la inoculación del frijol incrementó la cantidad de materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno inorgánico en el suelo en comparación con los resultados obtenidos antes del experimento. Además de que la muestra de suelo sin inocular mostró una reducción en los mismos apartados.

En la evaluación estadística, los mejores resultados en peso por planta de frijol ejotero se obtuvieron al inocular el frijol ejotero ya que existen diferencias significativas entre los tratamientos, siendo mejores, las asociaciones de frijol ejotero inoculado con tomate de cáscara y con chile. Con respecto a los efectos de la inoculación en el rendimiento final del frijol ejotero, el tratamiento frijol inoculado-tomate de cáscara tuvo un incremento de 24.9% en kilogramos por tratamiento respecto al tratamiento sin inocular; en el tratamiento frijol inoculado-cebolla el incremento fue de 12.3%, y para el tratamiento del frijol inoculado-chile el incremento en la producción fue de 19.1%. Además, en todos los tratamientos inoculados y en el tratamiento de frijol ejotero sin inocular-cebolla se obtuvieron rendimientos superiores al rendimiento medio nacional y al rendimiento medio cuando se cultiva en forma orgánica de frijol ejotero.

En el caso del efecto de la inoculación del frijol ejotero sobre las hortalizas asociadas, existió un efecto estadístico significativo de la inoculación del frijol ejotero sobre el tomate de cáscara. Por otra parte, la asociación frijol ejotero-cebolla aunque no tuvo diferencia estadística significativa, la inoculación permitió obtener un 10 % adicional de producción de cebolla de rabo. Finalmente, en la asociación frijol-chile jalapeño no se obtuvo diferencia estadística significativa.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Hoy en día la producción orgánica es una alternativa viable de producción que nos permite obtener productos agrícolas sin la utilización de sustancias químicas, lo que redundaría en beneficios para el productor, ya que el producto adquiere un valor agregado al momento de su venta, por su manejo apropiado para la producción de un producto totalmente orgánico, y sobre todo sin dañar el ambiente.

En México, un alto porcentaje de suelos son pobres en nutrientes esenciales como el nitrógeno, necesario para la síntesis de proteínas y clorofila, por ello se requiere aplicar fertilizantes químicos, los que aplicados irracionalmente pueden tener un elevado costo, una acción desgastadora del suelo y contaminante al ambiente.

Una alternativa para suplir la utilización de fertilizantes en el campo es la inoculación con bacterias llamadas rizobios en interacción con leguminosas para lograr la fijación biológica del nitrógeno y así convertir el N_2 atmosférico en formas asimilables por las plantas. A pesar de que los rizobios son habitantes comunes en los suelos agrícolas, frecuentemente su población es insuficiente para alcanzar una relación benéfica con la leguminosa es necesario inocular la semilla a la siembra y asegurar la fijación biológica del N_2 .

El nitrógeno reunido por las leguminosas puede ser utilizado de 3 modos: absorbido por la planta leguminosa misma; excretado del nódulo al suelo y ser utilizado por plantas asociadas con la leguminosa, o cuando la leguminosa es enterrada en el suelo o muere el N puede ser liberado después de la descomposición de los nódulos u otras porciones de la planta. Es por esto, que comúnmente la leguminosa se asocia con otros cultivos como frutales, hortalizas o gramíneas.

El presente trabajo tiene como objeto principal hacer la evaluación del efecto de la inoculación del frijol ejotero como estimulante en la formación de nódulos que servirán como fuente de nitrógeno en el suelo y su influencia sobre el rendimiento final en kilogramos de tres cultivos hortícolas importantes, cebolla, chile jalapeño y tomate de cáscara en forma de cultivos asociados en la parcela experimental de la FES-Cuautitlán UNAM Campo 4.

4. REVISIÓN DE LITERATURA.

4.1 ESTUDIO DEL INÓCULO.

4.1.1. El nitrógeno.

Los seres vivos requieren átomos de nitrógeno para la síntesis de moléculas orgánicas esenciales como las proteínas, los ácidos nucleicos, el ADN, por lo tanto es un elemento indispensable para el desarrollo de los seres vivos. El nitrógeno es el elemento principal de la atmósfera terrestre ya que representa el 78% de los gases atmosféricos. Sin embargo, la mayoría de los seres vivos, incluyendo todas las plantas y animales no pueden utilizarlo en su forma elemental para sus procesos bioquímicos vitales. Pero, como el nitrógeno es relativamente inerte, debe reaccionar con otros compuestos convirtiéndose en productos asimilables por las plantas y por otros organismos. El movimiento del nitrógeno entre la atmósfera, la biosfera y la geosfera en sus diferentes formas está representado en el ciclo del nitrógeno, que se muestra en la figura 1. (Paterno, 1976, Burdas, 2002 y Wang, et al, 2004)

El nitrógeno es, de los elementos del suelo, el más necesario para el desarrollo y sobrevivencia de las plantas, asimismo es el que presenta más transformaciones microbiológicas y por consiguiente el que más comúnmente se encuentra deficiente en el suelo. En México, un alto porcentaje de suelos son pobres en nutrientes esenciales como el nitrógeno, necesario para la síntesis de proteínas y clorofila, por ello se requiere aplicar fertilizantes químicos, los que aplicados irracionalmente pueden tener un elevado costo, una acción desgastadora del suelo y contaminante al ambiente. (Sánchez-Yañez, 1999 y Torres, et al, 2002)

Los proceso de fijación del N_2 atmosférico, es decir, obligarlo a reaccionar con otros elementos para formar un compuesto químico que lo contenga, puede lograrse mediante métodos químicos y métodos biológicos. Los métodos químicos se basan en descargas eléctricas, donde se forma óxido nítrico el cual al reaccionar con el agua de lluvia origina ácido nítrico. Este ácido reacciona con el amoniaco (NH_3) del aire para producir nitrato de amonio (NH_4NO_3) y de esta forma mediante las precipitaciones llega al suelo una modesta cantidad de nitrógeno. Se estima que este proceso puede fijar alrededor de 10 millones de toneladas métricas de N_2 por año en el ecosistema. (Mayea, et al, 1998).

Los métodos biológicos de fijación de N_2 , dependen básicamente de la capacidad de algunos microorganismos de convertir el N_2 atmosférico en formas asimilables para las plantas (NH_4^+) mediante la acción del complejo enzimático nitrogenasa. Ciertas bacterias y algunas especies de algas verdeazules (Cianobacterias) que se desarrollan independientemente tienen la habilidad de fijar el N_2 atmosférico en sus células, dando como producto final la fijación de proteínas. Estos sistemas, ya sean de vida libre, como en simbiosis con formas superiores de vida incorporan aproximadamente 170 millones de ton.año⁻¹ anualmente al ecosistema (Mayea et al, 1998)

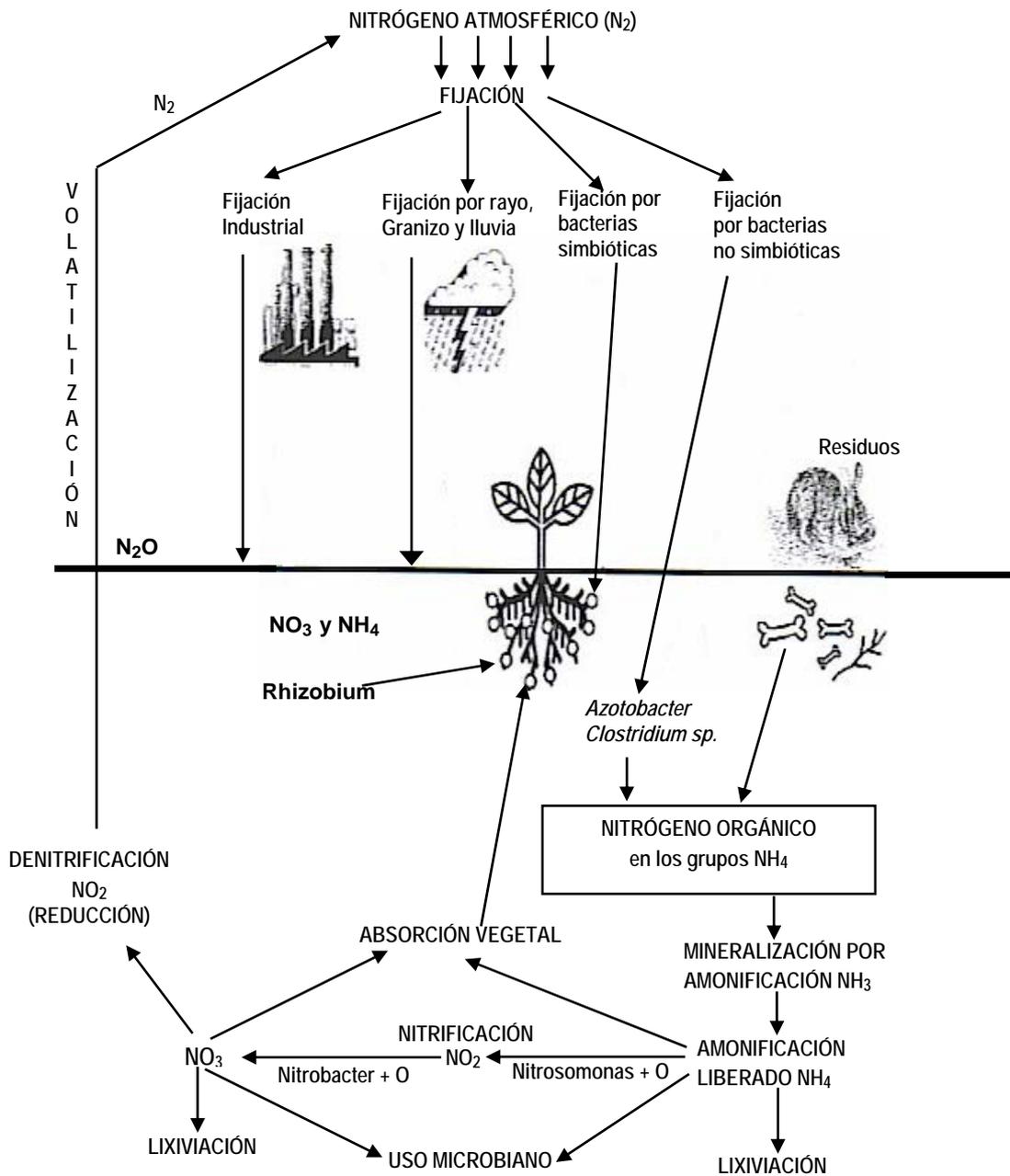


Figura 1. ciclo del nitrógeno en la naturaleza (tomado de Vega, et al, 2004)

Se considera que la fijación biológica del nitrógeno (FBN) es una de las alternativas más viables para recuperar N en el ecosistema, se ha estimado que 175 millones de toneladas / año se fijan biológicamente, del cual el 70% va al suelo y de éste, el 50% proviene de asociaciones nodulares como las causadas por rizobios. (Sánchez-Yañez, 1999)

4.1.2. La simbiosis rizobio-leguminosa.

En fijación biológica de nitrógeno microorganismos portadores de la enzima nitrogenasa convierten el nitrógeno gaseoso en nitrógeno combinado. El grupo de bacterias al que se conoce colectivamente como rizobios, inducen en las raíces de plantas leguminosas la formación de estructuras

especializadas, los nódulos, dentro de los cuales el nitrógeno gaseoso es reducido a amonio. En esta simbiosis en los nódulos, la planta huésped obtiene nutrientes nitrogenados de la bacteria (rizobio) y ofrece a ésta una fuente de carbono y un ambiente favorable para fijar nitrógeno; contribuyendo con una parte considerable del nitrógeno combinado en la tierra y permite a las leguminosas crecer sin fertilizantes nitrogenados y sin empobrecer los suelos. (Paterno,1975, Sánchez-Yañez, 1999 y Wang, et al, 2004)

La cantidad de nitrógeno fijado por la asociación rizobio-leguminosa puede variar dependiendo de cada especie, como se muestra los siguientes cuadros:

Cuadro 1. Nitrógeno fijado por leguminosas de grano.

Nombre común	Nombre científico	N fijado (Kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹)
Haba	<i>Vicia faba</i>	45-552
Soya	<i>Glycine max</i>	60-168
Garbanzo	<i>Cicer arietinum</i>	103
Cacahuete	<i>Arachis hipogaea</i>	72-124
Chícharo	<i>Pisum sativum</i>	52-77
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	40-70

Cuadro 2. Nitrógeno fijado por leguminosas forrajeras.

Nombre común	Nombre científico	N fijado (Kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹)
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	229-290
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	74-584
Trébol subterráneo	<i>Trifolium subterraneum</i>	207
Trébol blanco	<i>Trifolium repens</i>	128

Fuente: Vega, et al, 2004.

Por el interés que estas bacterias representan para la agricultura, empleándose como inoculantes (bio-fertilizantes) para los cultivos se han realizado investigaciones extensas sobre este sistema simbiótico, incluyendo estudios sobre la diversidad y la taxonomía de los rizobios. *Rhizobium* fue la primera bacteria producida a gran escala y se ha añadido como inoculante durante 105 años a diversos cultivos agrícolas, con éxito en muchos casos. (Wang, et al, 2004)

4.1.3. Taxonomía.

La taxonomía actual de los rizobios se basa en un enfoque polifásico que incluye morfología, bioquímica, fisiología, genética y filogenia. Hasta la fecha se han descrito 30 especies en 6 géneros, que son: *Allorhizobium*, *Azorhizobium* (Dreyfus), *Bradyrhizobium* (Jordan), *Mesorhizobium* (Jarvis), *Rhizobium* (Frank) y *Sinorhizobium* (Chen et al). Algunos autores como Kuykendall y colaboradores consideran a *Allorhizobium* dentro del género *Rhizobium*. (The current taxonomy, 2004 y Wang, et al, 2004)

Los rizobios son bastones aeróbicos Gram-negativos. Las células tienen formas irregulares (curvas, en forma de X o de Y, llamadas bacteriodes) dentro de los nódulos. Los bacteriodes son las

formas diferenciadas que fijan nitrógeno. Se ha reportado que los rizobios tienen tres diferentes estados de vida: uno dentro de los nódulos de las leguminosas, otro en el suelo y otro dentro de plantas no leguminosas como endófitos. Todos los rizobios pueden vivir muy bien como saprofitos en los suelos o en medios de cultivo. Asociaciones entre rizobios y plantas no leguminosas pueden mejorar el crecimiento de las plantas aunque no se ha demostrado que sea mediante la fijación de nitrógeno. (Frioni, 1991 y Wang et al, 2004)

El género *Rhizobium* pertenece a la familia Rhizobiaceae. Etimológicamente el nombre de esta familia proviene de dos raíces griegas: "Rhiza" = Raíz y "Bios" = Vida. (Jordan y Allen, 1975, citados por Mejía, 1983). Las bacterias del género *Rhizobium* son bacilos que miden 0.5-1.0 x 1.2-3.0 µm. Se mueven por medio de 1-6 flagelos que pueden ser peritricales o subpolares. Las colonias generalmente son blancas o color beige, circulares, convexas, semitranslúcidas u opacas y mucilaginosas. Crecen rápido (colonias > 2 mm después de 5 a 7 días de incubación). Hay nueve especies del género *Rhizobium* definidas: *R. leguminosarum* (especie tipo), *R. etli*, *R. galegae*, *R. gallicum*, *R. giardinii*, *R. hainanense*, *R. huatlense*, *R. mongolense* y *R. tropici*. (Frioni, 1991, Mejía, 1983 y Wang, et al, 2004)

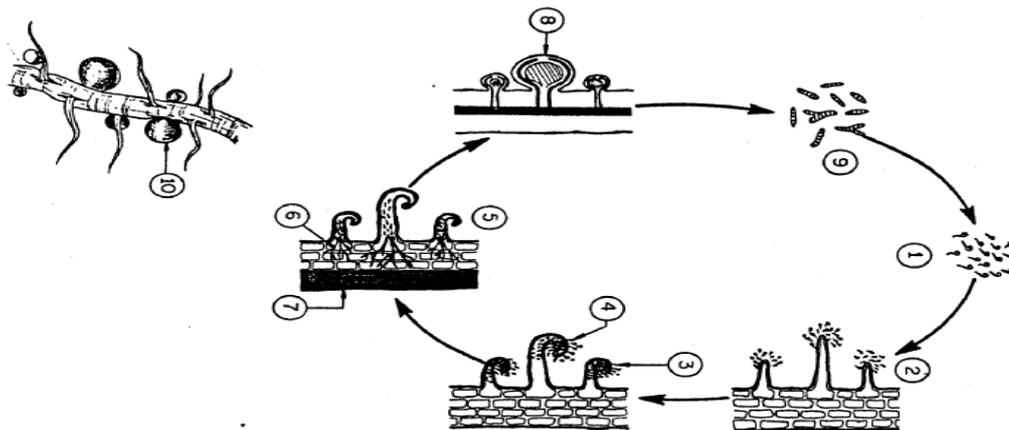
4.1.4. El proceso de nodulación.

El proceso de nodulación inicia cuando los rizobios son capaces de notar la presencia de la raíz de la leguminosa por medio de moléculas de bajo peso molecular (flavonoides, isoflavonoides y betaínas) secretadas por la raíz. En respuesta a la señal de la planta, los rizobios activan una serie de genes implicados en la nodulación, los factores Nod, dirigidos hacia la planta hospedadora. El proceso de la formación del nódulo se ejemplifica en la figura 2. (Lindström, et al, 2002 y Wang, et al, 2004)

Así, el primer paso en la formación de los nódulos es la adherencia de la bacteria a la planta. En la superficie del rizobio se localiza una proteína específica de la adherencia, la ricadesina. Es una proteína que se une al calcio y puede actuar captando complejos de calcio en la superficie de los pelos radicales. Otras sustancias, como las lectinas, que son proteínas que contienen carbohidratos, también cumplen una función en la adherencia planta-bacteria. Las lectinas han sido identificadas en los extremos de pelos radicales y en la superficie de las células del rizobio. Después de la unión, los pelos radicales se enroscan debido a la acción de sustancias específicas secretadas por la bacteria que se conocen como factores Nod. Algunos pelos radicales se enroscan hasta 360° formando una estructura a la que se llama "cayado de pastor". La bacteria penetra entonces en el pelo radical e induce la formación, por parte de la planta, de un tubo de composición similar a la pared celular, conocido como canal de infección, que avanza por el pelo radical. A continuación, la infección alcanza a las células de la raíz adyacentes a los pelos radicales, y los factores Nod estimulan la división de las células vegetales, produciendo finalmente el nódulo. Las

bacterias son liberadas desde el canal de infección al citoplasma de las células vegetales. Los rizobios quedan separados del citoplasma por una membrana derivada de la planta hospedera y que se llama la membrana peribacteroidal (MPB). A continuación hay una división continua y sincronizada de los rizobios rodeados de MPBs. Al cesar la división las bacterias se transforman en unas formaciones ramificadas, hinchadas y deformes, llamadas bacteroides. Estos quedan rodeados, individualmente o en pequeños grupos por la MPB. A la estructura que contiene estos grupos de bacteroides rodeados por la MPB se les llama simbiosomas. Así, la fijación simbiótica de nitrógeno se lleva a cabo en los bacteroides que se encuentran en el citoplasma de las células del nódulo y éste proceso no se inicia hasta que se han formado los bacteroides. (Lindström, et al, 2002 y Wang, et al, 2004)

Figura 2. Dinámica de formación de un nódulo en la raíz en una leguminosa causado por *Rhizobium*.



1. *Rhizobium* libre.
2. *Rhizobium* atraído por el pelo radical.
3. Inicio de la infección por *Rhizobium* en el pelo radical.
4. Cayado del pastor (pelo radicales, infectados por *Rhizobium*).
- 5 y 6. El cordón de infección de *Rhizobium* invade la matriz de células corticales de la leguminosa en la raíz.
7. *Rhizobium* se reproduce en células haploides de la raíz y pierde su pared celular. Se sobreproduce auxina.
8. Se da la hipertrofia radical y aparece el nódulo.
9. *Rhizobium* sin pared (bacteroide) en las células corticales fija nitrógeno.
10. El nódulo con leghemoglobina fija N_2 . (Sánchez-Yañez, 1999)

Los bacteroides dependen totalmente de la planta para obtener la energía necesaria para la fijación de nitrógeno. Los principales compuestos orgánicos transportados al interior de los bacteroides a través de la membrana peribacteroidal son los intermediarios del ciclo del ácido cítrico, en particular los

ácidos de cuatro carbonos succinato, malato y fumarato. Estos ácidos son utilizados como donadores de electrones para la producción de ATP y, tras su conversión en piruvato, como última fuente de electrones para la reducción del N_2 . El primer producto estable que se obtiene de la fijación de N_2 es el amonio, y varias pruebas indican que la asimilación del amonio para formar compuestos de nitrógeno orgánico en los nódulos radicales lo lleva principalmente la planta. El amonio también se puede asimilar en los bacteroides y puede ser transferido a la planta en forma de alanina. Durante el proceso de simbiosis la planta también expresa proteínas específicas del nódulo a las que se llama nodulinas. Entre ellas, la leghemoglobina tiene la función de aportar O_2 a los bacteroides, de controlar los niveles O_2 y confiere el típico color rojo o rosado de los nódulos funcionales. (Burdas, 2002, Lindström, 2002 y Wang, et al, 2004)

El sistema vascular de la planta se extiende dentro del nódulo y transporta nutrientes hacia y desde el nódulo. Cuando el nódulo se deteriora las bacterias pasan al suelo. En algunos casos las formas bacteroidales no tienen capacidad de división, pero los nódulos contienen siempre algunos rizobios en estado de latencia. Estas formas proliferan en el suelo utilizando como nutrientes algunos de los productos del nódulo destruido y las bacterias pueden iniciar la infección en otras raíces o mantenerse en estado libre en el suelo. (Burdas, 2002 y Wang, et al, 2004)

En general, los nódulos se pueden dividir en dos tipos: 1) Nódulos indeterminados, que contienen un meristemo persistente resultando en formas cilíndricas y a menudo ramificadas (como los nódulos de alfalfa), y 2) Nódulos determinados que carecen de un meristemo persistente y tienen forma redondeada (como el nódulo del frijol). (Wang, et al, 2004)

4.1.5. La inoculación.

A pesar de que *Rhizobium* es un habitante común en los suelos agrícolas, frecuentemente su población es insuficiente para alcanzar una relación benéfica con la leguminosa, o bien cuando los rizobios nativos no fijan cantidades suficientes de N_2 para las leguminosas es necesario inocular la semilla a la siembra y asegurar la fijación biológica del N_2 . La utilización de un *Rhizobium* infectivo (capacidad de nodular) y efectivo (eficiencia para la fijación del N_2) en la leguminosa, implica determinar la necesidad de inoculación. (Paterno, 1975 y Sánchez-Yañez, 1999)

En general, la inoculación se puede recomendar para una zona agrícola que se sembrará con una nueva especie de leguminosa. Para controlar la calidad de un inoculante de una leguminosa específica, es necesario mantener un número de rizobios de aproximadamente 10⁶ bacterias/g de inoculante y determinar si es específico para la leguminosa a prueba. (FAO, 1995).

4.1.6. Aplicación práctica de *Rhizobium sp.* en cultivos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.).

Martínez-Viera (1986), reporta que la respuesta a la inoculación del frijol en condiciones de campo es variable, y son frecuentes las respuestas negativas. En trabajos realizados se han obtenido aumento en los rendimientos hasta de 98.6 % con tres cepas de seis probadas. El crecimiento de las plantas fue similar al de lotes que recibieron 50 t de N ha⁻¹, mientras los lotes no inoculados mostraron síntomas claros de deficiencia. Resultados similares son los obtenidos por Huerta et al. (2001), los cuales al comparar el efecto de la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar. *phaseoli* y la fertilización nitrogenada, en la producción de biomasa, rendimiento y sus componentes en 38 genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), encontraron que en la mayoría de los genotipos se observó mayor peso individual de semilla y número de granos por vaina con la inoculación; en contraste, la fertilización nitrogenada favoreció una mayor producción de vainas por planta y número de granos por planta, y por ende mayor rendimiento de grano y biomasa. No obstante, hubo algunos genotipos que rindieron igual al ser inoculados que al ser fertilizados. Según González y Lluch (1992), con la aplicación de *Rhizobium* en suelos con bajo contenido de nitrógeno se puede aumentar los rendimientos de plantas leguminosas. Sin embargo los inoculantes para leguminosas no se ha demostrado que sean efectivos en suelos con razas autóctonas, una limitación de este sistema es la competencia. Inóculos preparados con razas muy efectivas en la fijación de N₂ se ha visto que son incapaces de formar una proporción significativa de nódulos en situación de campo por la competencia con las cepas autóctonas.

4.2. EL CULTIVO DEL FRIJOL EJOTERO (*Phaseolus vulgaris* L.).

4.2.1. Origen.

El frijol tiene su centro de origen en México, Centroamérica y las áreas del norte de América del sur (Bolivia Ecuador y Perú), además, es uno de los cultivos más antiguos; cuyos hallazgos arqueológicos indican que era conocido en América unos 7,000 años antes de la era cristiana. El frijol fue llevado por los españoles a Europa en el siglo XVI (Guenkov, 1974, Maroto, 1986 y Salunkhe y Kadams, 2003)

Vavilov, de acuerdo con Bukasov (1931), después de haber estudiado numerosas variedades de frijol recolectadas en México, Guatemala, Colombia, Chile y Bolivia, dedujeron que el área México-Guatemala era el centro de mayor diversificación de la especie *Phaseolus vulgaris* L. En México se han encontrado restos arqueológicos de frijol común en Río Zape, situado en el estado de Durango, donde la antigüedad de los restos se remonta a 1,300 años (Books et al, 1962); en la región de Ocampo, Tamaulipas, donde la antigüedad de los restos fluctúa entre 4,300 y 6,000 años (Kaplan y Mc Neish, 1960) y finalmente en la cueva de Coxcatlán, situada en el valle de Tehuacán, Puebla, donde la antigüedad de los restos asciende a 7,000 años (Kaplan, 1965). En Perú se han encontrado restos de *P. vulgaris*, con

antigüedad de 2,000 años en Huacaprieta, y de 2,500 años en el valle de Nazca. Debido a los datos anteriores, se cree que el frijol fue introducido a las costas de Perú por América central (Towle, 1961). Actualmente se conocen más de 14,000 cultivares de frijol y el Centro Internacional para la Agricultura Tropical en Colombia tiene el principal banco de germoplasma. (INIA, 1982 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

4.2.2. Importancia.

Un hecho relevante del frijol, lo constituye su alta adaptación a climas secos, de tal manera que la gran variedad de semillas y su adaptabilidad en distintos entornos agronómicos, ha permitido que el frijol se cultive en todos los estados de la República. Así, el frijol es después del maíz, trigo y sorgo, el cultivo predominante en las unidades de producción de México. Para el año 2003, la superficie cultivada de frijol fue de 1,814,524 hectáreas con una producción de 1,237,195 toneladas. Para la producción de ejote se destinaron 9,664 ha con una producción de 96,387 toneladas, representando el 0.53% del área destinada al cultivo del frijol en el mismo año y destacando por su producción los estados de Morelos, Sinaloa, Hidalgo y Puebla. Con respecto a la producción orgánica de éste cultivo, únicamente en Baja California cosecharon 17 has con una producción de 158 ton. (Secretaría de Economía y UACH, 2002, y SIAP, 2004) (ver anexo)

4.2.3. Usos.

El frijol puede consumirse en estado fresco como vaina, o bien como grano seco. El fruto en estado fresco recibe el nombre de "ejote", en tal forma se consume cuando presenta mayor carnosidad y poco desarrollo de las semillas; entonces se considera como una hortaliza. El ejote puede procesarse para ser consumido como conserva o bien congelarse hasta por varios años. (Echevarria, 2000)

4.2.4. Taxonomía.

La clasificación taxonómica del frijol ejotero es la siguiente:

Orden: Rosales

Familia: Leguminosae

Subfamilia: Papilionidae

Tribu: Phaseoleae

Subtribu: Phaseolinae

Género: *Phaseolus*

Especie: *vulgaris*. (Alvarez, 1957 y Echevarria 2000)

4.2.5. Descripción botánica.

El frijol es una planta anual. Cuando las vainas se recogen verdes, la planta no muere, pero las nuevas ramificaciones fructíferas crecen con dificultad y por esto las plantas se eliminan. (Guenkov, 1974)

Raíz.

El sistema radicular de la planta de frijol es fasciculado y fibroso en algunos casos. Se compone de raíz central y raíces laterales que salen de la primera. La raíz central crece rápidamente en profundidad y hacia el final del ciclo vegetativo alcanza 105-120 cm. Las raíces laterales se extienden en un diámetro de 120 cm. en torno a la principal. El mayor volumen de raíces está situado entre los 60 cm de profundidad de la capa del suelo. Sobre las raíces del frijol las bacterias que asimilan el nitrógeno forman nódulos. Los nódulos que se presentan en el sistema radicular, se encuentran distribuidos en las raíces laterales de la parte superior del mismo. (Guenkov, 1974, CIAT, 1979 y Echevarria, 2000)

Tallo.

El tallo es herbáceo, tierno, ramificado y angular. El tallo es débilmente lignificado en su parte inferior y tiene generalmente un diámetro más grande que las ramas laterales, puede ser erecto, semiprostrado o prostrado de acuerdo al hábito de crecimiento de la variedad; pero en general, el tallo tiende a ser vertical ya sea que el frijol crezca solo o con algún tipo de soporte. (Guenkov, 1974)

Hoja.

Las hojas del frijol son de dos tipos: simples y compuestas, y están insertadas en los nudos de los tallos y las ramas laterales, mediante pecíolos. Estos son enteros; la forma tiende a ser ovalada o triangular, principalmente, pero sin aurículas; son glabros o subglabros. Las hojas primarias son simples y aparecen en el segundo nudo del tallo; son opuestas, cordiformes, unifoliadas, auriculadas, simples y acuminadas. Las hojas compuestas, tienen tres folíolos, un pecíolo y un raquis; tanto el pecíolo como el raquis son acanalados. El folio central o terminal es simétrico y acuminado, los dos laterales son asimétricos y también acuminados. (CIAT, 1979 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Flor.

Las flores son pediceladas; la flor consta de 5 sépalos, 5 pétalos, 10 estambres y un pistilo; el cáliz es gamosépalo; los pétalos varían en color: verde pálido, rosado, rosado oscuro, violeta y en conjunto forman la corola. El pétalo más grande, situado en la parte superior de la corola, se llama estandarte, y los dos pétalos laterales reciben el nombre de alas. En la parte inferior se encuentran los dos pétalos restantes, unidos por los bordes laterales y formando la quilla. Los estambres son diadelfos, y cada estambre consta de filamento y antera; 9 filamentos están soldados y el décimo es libre. En el centro de la

flor se encuentra el pistilo, que consta de ovario, estilo y estigma. El ovario es súpero. (CIAT, 1979 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Inflorescencia.

Las inflorescencias pueden ser terminales en las variedades de mata y axilares en las variedades de guía; están constituidas por un racimo principal compuesto de racimos secundarios. (CIAT, 1979, Maroto, 1986, Echevarria, 2000 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Fruto.

El fruto es una vaina que se compone del pericarpio carnoso y de las semillas. El pericarpio está constituido por dos valvas que se han soldado longitudinalmente en sus extremos. Dos suturas aparecen en la unión de las dos valvas: una es la sutura dorsal, llamada placentar; la otra sutura, es la ventral. Entre dichas partes se encuentran los óvulos, que son las futuras semillas dispuestas alternativamente en las dos valvas situadas en la parte espinal de las vainas. Ésta es aplanada, recta o curva, con el ápice encorvado o recto. (Guenkov, 1974, CIAT, 1979, y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Semilla.

La semilla es exalbuminosa, o sea sin endospermo, donde el embrión ocupa todo el interior de la semilla. Ésta posee dimensiones variables y pueden tener varias formas: cilíndrica, de riñón, esférica, u otras. La semilla tiene una amplia variación de color (blanco, rojo, crema, negro, café, etc.), en forma y de brillo. La combinación de colores también es muy frecuente; esta gran variedad de los caracteres externos de la semilla se tiene en cuenta para la clasificación del gran número de variedades de frijol que existen. Internamente la semilla esta constituida solamente por el embrión, el cual está formado por la pluma, las dos hojas primarias, el hipocótilo, los dos cotiledones y la radícula. (CIAT, 1979, Secretaría de Economía y UACH, 2002, y Salunkhe y Kadams, 2003)

4.2.6. Requerimientos climáticos y edáficos.

Temperatura. El frijol ejotero es una planta adecuada para climas templado-cálidos, secos, al resguardo de los fríos y de los pronunciados cambios de temperatura diurnos y nocturnos. La temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo del frijol es de 15-28°C. Las plantas cesan en su crecimiento si la temperatura es inferior a 10°C. La floración se presenta en condiciones óptimas a los 15°C; la polinización se realiza eficientemente con temperaturas de 15 a 24°C. Cuando la temperatura es superior a 30°C y si se presenta en combinación con baja humedad atmosférica y sequía, cae un gran porcentaje de flores, o el polen se daña y no se puede realizar la fecundación y, en caso de hacerse es incompleta, debido a lo

cual las vainas resultan deformadas. Para la fructificación, la temperatura más apta es de 18°C. (Guenkov, 1974, CIAT, 1979, Ramírez y Acosta, 1994, Echevarria, 2000 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Humedad. El frijol es una planta anual con un período vegetativo de alrededor de 90 días, que se desarrolla más favorablemente en regiones de baja humedad relativa. El frijol puede tolerar periodos de sequía en ciertas porciones de su ciclo de vida, sin que el rendimiento se vea afectado. Un abastecimiento de agua antes de la floración asegura un buen desarrollo vegetativo pero no incrementa los rendimientos. En cambio, los riegos durante la floración y periodo de desarrollo de vainas, si tienen una influencia decisiva en el rendimiento y estos deben ser continuos para mantener la humedad disponible arriba del nivel del 50% de la capacidad de campo; con esto se evita la abscisión de flores y vainas. Es importante mencionar que el frijol no soporta la humedad excesiva del suelo, ya que, en tales condiciones, las semillas y raíces se pudren con mucha facilidad. (Guenkov, 1974, Ramírez y Acosta, 1994, y Echevarria, 2000)

Suelo. El cultivo de frijol requiere suelos fértiles, con buen contenido de materia orgánica; las texturas del suelo mas adecuadas va de franco-limosa a ligeramente arenosa, con buena aireación y drenaje, ya que es un cultivo que no tolera suelos compactos, poca aireación y acumulación de agua. El pH óptimo fluctúa entre 6.5 y 7.5; dentro de este límite la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presentan una máxima disponibilidad para la planta. El frijol tolera pH hasta de 5.5, aunque debajo de ese límite presenta generalmente síntomas de toxicidad de aluminio y / o manganeso. (Echevarria, 2000 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Fotoperíodo. El frijol ejotero es una planta de día corto, las variedades de ejote son generalmente indiferentes a la duración del día o fotoperíodo en relación con la floración. (Echevarria, 2000)

4.2.7. Proceso productivo.

Preparación del terreno.

La preparación del suelo tiene como fin proporcionar una buena cama de siembra y un ambiente adecuado. Dentro de este proceso se contemplan las siguientes actividades:

1. **Subsoleo.** Se sugiere realizarlo en terrenos que están muy compactados o que tienen una capa dura superficial que impidan el buen desarrollo de las raíces, la profundidad de subsoleo es de 60 a 80 cm y debe realizarse cuando menos cada 2 o 3 años. (Echevarria, 2000 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

2. **Barbecho.** Ésta actividad se realiza para remover la capa superficial del suelo y exponer los huevecillos de las plagas y las semillas de las malezas al sol; asimismo, se incorporan los residuos de cosecha. Se recomienda realizar el barbecho a una profundidad de 20 a 30 cm, también se puede realizar barbecho cruzado. Los suelos arcillosos de clima templado se aran con bastante anticipación y los suelos arenosos se aran poco antes de la siembra. (Echevarria, 2000 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

3. **Rastreo.** Se realiza para mejorar la estructura del suelo que se perdió con el cultivo de la cosecha anterior, el rastreo debe hacerse profundo al menos al igual que el barbecho, el número de rastras será de acuerdo al tipo de terreno que se tenga. (Echevarria, 2000 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

4. **Nivelación.** Esta práctica, consiste en aplanar el suelo para tener una óptima distribución del agua, facilitar la construcción de los surcos y para que el suelo quede en las mejores condiciones de manejo. (Echevarria, 2000 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Descripción de la variedad.

Strike Western. Es una variedad de Asgrow Seeds, de origen norteamericano, con rendimiento sobresaliente y más alto que todas las otras variedades de esta compañía. Planta de altura algo corta, sobre 35-40 cm, follaje de densidad media, color verde oscuro, foliolos medianos, de forma cuadrangular, con ápice bastante acuminado. Las flores son de tamaño medio y color blanco. Las vainas son de color verde mediano, forma recta, sección transversal cordiforme, sin hebras, de longitud media, 12-14 cm, la anchura muy fina de 8-9 mm. El número de granos por vaina es medio de 5-7 y en estado tierno desarrollado son de color verde claro. La semilla es blanca y pequeña, generalmente se presentan 4,200 semillas por Kg. Alcanza su madurez relativa a los 52 días. Es resistente al mosaico común del frijol, *Bean common mosaic virus* (BCMV). (Asgrow, 2002)

Formas de siembra. Las formas más comunes de siembra en nuestro país son las siguientes:

a) **Frijol solo o monocultivo.** Puede hacerse en cualquier época de siembra y consiste en sembrar el frijol solo, con distanciamientos entre surcos de 40-50 cm en la estación lluviosa y a 60 cm en la época bajo riego; con una distancia entre plantas de 25 cm dejando una planta por postura. (Echevarria, 2000 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

b) **Frijol asociado.** El frijol puede sembrarse en asociación con todos aquellos cultivos en los cuales no haya competencia por luz, incluyendo cultivos perennes en sus primeros años de plantación. En la asociación maíz-frijol se recomienda sembrarlo al mismo tiempo, pero cuando hay atrasos en la siembra de alguno de los cultivos, el período de siembra del segundo no debe ser superior a los cinco días. Los distanciamientos de siembra recomendados son: para maíz, 90-100 cm entre surcos y 20-40 cm entre

plantas, poniendo una o dos posturas; para el frijol la distancia entre plantas es de 10 a 20 cm, dejando una o dos plantas por postura. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

c) Frijol intercalado. Este sistema consiste en sembrar frijol en un terreno donde hay maíz que ha llegado a su madurez fisiológica, intercalando el frijol entre los surcos de maíz. Generalmente se usan variedades de frijol con aptitud para trepar. El frijol se siembra a ambos lados del surco de maíz, separados de éstos, 20-25 cm; el distanciamiento entre plantas es de 10 a 20 cm, colocando una o dos semillas respectivamente. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Densidad y método de siembra.

Para las variedades de frijol ejotero tipo mata; la densidad de siembra por hectárea es de 60 kg de semilla, con un mínimo de 85% de germinación y separación entre surcos de 92 cm sembrando a doble hilera, con distancia entre plantas de 0.25 m depositando 2-3 semillas por golpe. (Echevarria, 2000 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Manejo agronómico del cultivo. Dentro de este apartado se incluyen las siguientes actividades:

1. Gallineo. Es un paso de rastra de picos que se realiza con el propósito fundamental de eliminar la costra superficial formada a fin de favorecer la emergencia y obtener una buena densidad de población. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

2. Escardas. Las escardas son labores que se practican en los entresurcos de cultivos espaciados o en hileras. La primera escarda se realiza a los 15-22 días posteriores a la emergencia y tiene como objetivos principales: aflojar el suelo para un buen desarrollo de la raíz y controlar malezas. La segunda escarda se realiza a los 25-30 días después de la primera con la finalidad de conformar surcos para una mayor captación de agua de lluvia, aporcar la planta y controlar malezas. (Echevarria, 2000 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

3. Control de malezas. El cultivo debe mantenerse libre de malezas por lo menos durante los primeros 40 días después de la emergencia. Los deshierbes son labores de cultivo complementarias a las escardas en el control de malezas y se pueden realizar en dos épocas: a) antes de la escarda, obedeciendo a la existencia de altas poblaciones de malezas y a que la altura de planta no permite aun la escarda, para tal efecto se deshierba sobre la hilera dejando las malezas del entresurco, las que serán eliminadas con la aradura de la escarda; b) después de la escarda, una vez que el desarrollo del cultivo no permite el desplazamiento de la maquinaria e implementos agrícolas. Las malezas deben eliminarse con azadón, las veces que sea necesario. (Echevarria, 2000 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

4. Abonado. En México la mayor parte de los suelos tienen deficiencias de fósforo y nitrógeno, que son elementos necesarios para que los cultivos desarrollen bien y produzcan altos rendimientos. Por tal razón, Sobrino y Sobrino, 1992, recomienda la incorporación de 40 a 50 ton /ha⁻¹ de abono orgánico en labor profunda de preparación del terreno, por lo menos un mes antes de la siembra, utilizando estiércol bien descompuesto. Esta recomendación es coincidente con Salunkhe y Kadams, 2003, que recomiendan 30 – 40 toneladas de estiércol vacuno, a aplicarse en el momento de la preparación del terreno y completamente mezclado con la tierra.

5. Riegos. El frijol es una planta medianamente exigente respecto al agua. Se han estimado en 225 mm de precipitación como mínimo para producir frijol y para obtener un buen rendimiento de ejote se requieren de alrededor de 600 mm de precipitación durante el ciclo vegetativo. Cuando se dispone de riego, para asegurar la germinación correcta de las semillas es recomendable que la siembra se realice en un suelo húmedo y dar riegos auxiliares una vez que las plantas hayan emergido de acuerdo a las condiciones de cada región. (Echevarria, 2000)

6. Plagas y su control. En general, se puede decir que las plagas más importantes del cultivo del frijol en las zonas templadas, son la conchuela y el picudo del ejote, cuya información general y sus formas de control se enlistan a continuación:

Conchuela. *Epilachna varivestis* Mulsant.

Este insecto tiene una distribución muy amplia en México. El daño es causado tanto por los adultos como por las larvas y se realiza principalmente sobre el envés de las hojas, sin embargo cuando la población de la plaga es muy numerosa, el ataque puede extenderse hasta los ejotes y aún a la planta. Como el insecto se alimenta de la parte blanda del tejido, sin llegar a las venas o nervaduras tanto de las hojas como de los ejotes y tallos, el daño puede distinguirse fácilmente por el aspecto esqueletizado característico que presentan las partes afectadas. Las hojas atacadas se secan y caen, los ejotes jóvenes atacados se deforman y caen también, originándose una pérdida considerable. Después de alimentarse por 10 a 12 días, el insecto empieza a depositar sus huevecillos en el envés de las hojas, los cuales a su vez son depositados en forma de masas que contienen de 45 a 60 huevos. A los siete días después de la oviposición nacen las larvitas, las cuales también se alimentan del envés de las hojas tiernas. El desarrollo total del insecto tiene una duración aproximada de 47 días. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Dentro de las opciones de control biológico, existe una especie *Aplomiopsis epilachnae* Aldrich (Diptera: Tachinidae) parásito de la conchuela del frijol, que se ha observado en varias localidades tales como Chapingo, Méx. , Alpuyecá, Mor., Celaya, Gto. y en el Valle de Guadiana, Dgo. Algunas observaciones realizadas en los alrededores de Chapingo, han establecido que esta especie ocasiona un

parasitismo variable entre 0 y 30 por ciento. La realización de un barbecho postcosecha para exponer a los diferentes estadios de la plaga a las condiciones del tiempo y la utilización de cultivos trampa es útil para su control. Además es importante realizar la siembra en el siguiente año en los últimos días del período recomendado para que la conchuela no tengan hospederos y muera. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Picudo, *Apion godmani* Wagner.

El picudo, esta considerado como una plaga importante, ya que junto con otras plagas de zonas templadas, causan pérdidas en la cosecha que oscilan alrededor del 50 por ciento. Los adultos aparecen en los campos de frijol cuando las plantas son jóvenes, y continúan aumentando a medida que las plantas florecen y se forman las vainas. Se alimentan del follaje, flores, y vainas; se localizan más fácilmente en la parte inferior de las hojas o alrededor de las yemas flores y de las vainas rudimentarias. Las hembras ovipositan generalmente en vainas recién formadas, Una vaina dañada muestra las partes atacadas como zonas levantadas de color verde oscuro, del tamaño de una punta de alfiler y rodeadas por una zona decolorada amarillenta de la vaina. Las vainas atacadas que contienen varias larvas en su interior, se deforman, se tuercen y se tornan flácidas, por lo que se distinguen de las vainas sanas y, además, presentan áreas hundidas, irregulares y cloróticas. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Para su control, se recomienda la eliminación de pastos y de rastrojo del cultivo anterior que pudiera servir como refugio a las formas invernantes. Además es útil la aplicación de barbechos profundos que permitan la exposición de éstas a las condiciones atmosféricas y efectuar una rotación de cultivos. Los genotipos de frijol de los Valles Altos de la Mesa Central: J-117, México 332, Hidalgo 58 y Tlaxcala 62 han mostrado ser resistentes al ataque del picudo del frijol. (Campos, 1987 y Ramírez, 2003)

Además de las plagas mencionadas anteriormente, existen plagas secundarias que no causan daño considerable en las zonas templadas, o bien son de mayor importancia en las zonas semitropicales y tropicales del país. Dentro de este grupo podemos mencionar a **Diabrotica o doradillas** *Diabrotica undecimpunctata* Mannerheim y *D. Balteata* Le Conte, **Chicharrita** *Empoasca sp.*, **Mosca blanca** *Trialeuroides vaporarium* West. y **Trips** *Coliothrips phaseoli* Hood. (Cruz, 1997)

7. Enfermedades y su control. El frijol es atacado por aproximadamente 50 enfermedades y éstas son causadas por diferentes patógenos como hongos, bacterias, virus y nematodos. A continuación se describen las principales anomalías patogénicas que se presentan en el cultivo de frijol en México y se indican algunos métodos para su control. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

7.1 Enfermedades causadas por hongos

Antracnosis, *Colletotrichum lindimuthianum* (Sacc. & Magn.) Briosi & Cac.

La antracnosis es quizás la enfermedad más importante del frijol en el país. Esta enfermedad es común en climas templados y lluviosos en México y se le ha observado en la Mesa Central, en el Bajío, y en algunos estados del norte del país. Para que el agente causal de la antracnosis se desarrolle y se disemine, se requiere de alta humedad relativa (95%) y de bajas temperaturas (de 16 a 24°C). Son varios los medios que ayudan a diseminar este hongo; entre ellos podemos mencionar la salpicadura del agua de lluvia, los insectos, el viento, los instrumentos de trabajo, los animales, el mismo hombre, la semilla infectada y el roce de hojas entre sí. (Campos, 1987 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Esta enfermedad ataca todas las partes aéreas de la planta. Las lesiones producidas en las vainas varían en tamaño, pues van desde simples puntitos hasta manchas circulares profundas de más de un centímetro de diámetro, delimitadas por un borde; que al juntarse, forman una gran lesión que cubre gran parte de la vaina. Bajo condiciones favorables para el patógeno, en el centro de las lesiones se observa una masa de coloración rosada que es ocasionada por la formación de miles de esporas del hongo. En las hojas, las lesiones café negruzco se localizan principalmente en las nervaduras, y se observan más fácilmente en el envés; a medida que avanza la enfermedad, produce necrosis en los tejidos adyacentes al área infectada. La semilla atacada presenta manchas ligeramente hundidas, de tamaño variable y de color que va de café a negro. El hongo permanece durante largo periodo latente en la semilla y sirve como fuente de inóculo aún cuando la semilla pierde viabilidad. Sin embargo, el hongo vive también de una estación a otra, en la paja o residuos de plantas infectadas, así como en las semillas que se quedan en el terreno al cosechar. (Campos, 1987 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Las medidas que se recomiendan son para reducir o retardar la aparición de síntomas son: destruir los residuos de las cosechas anteriores para reducir el inóculo y establecer una rotación de cultivos de 3 años por lo menos, a fin de reducir el riesgo de la infección, ya que al no tener hospedante el hongo muere. En México las variedades de frijol que tienen resistencia a gran número de razas fisiológicas del hongo son: Canario 107, Canario 101, Canario 400, Canocel, Bayomex, Touche, Jamapa, CIAS 72, Sataya 425, Negro 66, Delicias, Cacahuate 72, Bayo Durango, Bayo 107 y Siechi 73, las cuales deben sembrarse de acuerdo con su adaptación en las diferentes zonas del país. (Campos, 1987 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Chahuixtle. *Uromyces phaseoli typica* Arth

También conocido como herrumbre, roya, zaratán y ladrillo. La enfermedad se considera como uno de los factores limitantes de la producción y se ha encontrado en todos los estados de la República donde se siembra frijol. El hongo se desarrolla preferentemente en climas templados, en los cuales, la

temperatura es de 14 a 24°C y la humedad relativa de 80 a 95%. (Campos, 1987 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Los síntomas de la enfermedad se observan principalmente en las hojas, aunque el peciolo, las vainas y los tallos también son atacados. Los primeros síntomas de la enfermedad se observan como pequeños puntitos blanquecinos ligeramente levantados, los cuales se aprecian con mayor facilidad en la parte inferior de las hojas. Si las condiciones ambientales son favorables, estos puntitos crecen y hacen erupción rompiendo la epidermis, es entonces cuando aparece un polvillo de esporas de color rojizo, formando lo que comúnmente se conoce como pústulas: éstas son de tamaño variable y en ocasiones llegan a alcanzar 2 cm de diámetro. Cuando el ataque es fuerte, las pústulas se rodean de una corona o halo amarillento y a medida que la enfermedad avanza o que la planta llega a su madurez, las pústulas se vuelven de un tono negro y se forman las teliosporas o semillas, que sirven para mantener vivo el hongo de una estación a otra; así, las plantas atacadas se ven rojizas al principio o amarillentas después. (Campos, 1987 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Dentro de las medidas de control cultural se contempla la recolección y quemado de la paja para eliminar gran cantidad de esporas y reducir la fuente de inóculo para las siembras del año siguiente. Otra práctica recomendable es la rotación de cultivos, por lo menos durante 2 o 3 años, de especies que no sean atacadas por esta enfermedad. Sin embargo, en México, la forma más económica de evitar el daño ha sido mediante el uso de variedades resistentes. En la Mesa Central son resistentes las variedades Bayomex, Bayo 107, Canario 101, Canario 107, Canocel, Negro 66, Negro Puebla y Negro Mecentral. (Campos, 1987 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Moho blanco del tallo, *Sclerotinia sclerotium* (Lib) de Bary.

Esta enfermedad se conoce en México con el nombre de "salivazo o escupitajo". Este hongo se desarrolla en regiones con bajas temperaturas y abundante humedad y puede causar infección de 0 a 25°C. (Campos, 1987 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Los síntomas de la enfermedad se observan en los tallos, vainas y hojas cercanas al suelo, ocasionando la muerte de la planta. Los síntomas son más notorios en las vainas, ya que la infección se inicia con pequeños puntitos cafés, y a medida que la enfermedad avanza la consistencia del área afectada se vuelve acuosa y de color café claro sobre la que se desarrolla abundante micelio de aspecto algodonoso que los agricultores del trópico llaman escupitajo. Cuando el ataque es fuerte, las partes afectadas se secan, el hongo forma esclerocios o masas compactas de micelio, los cuales pueden reproducir aún la enfermedad, diez años después de formadas. (Campos, 1987 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Para reducir el ataque de éste hongo es necesario disminuir la densidad de siembra para tener una mayor separación entre surcos y entre plantas a fin de tener mayor aireación y, consecuentemente,

menor humedad en los primeros 20 centímetros sobre el nivel del suelo. También se debe efectuar una rotación por lo menos de 2 o 3 años con maíz, trigo, avena o cualquier otro cereal, porque de esta manera es posible disminuir la cantidad de inóculo, pues el hongo muere al no encontrar plantas susceptibles. No se deben incluir en la rotación los cultivos de lechuga, jitomate, zanahoria, col y apio, ya que son muy susceptibles al ataque del moho blanco. En regiones con disposición de riego, es conveniente inundar el terreno donde hubo fuertes brotes de enfermedad, un mes antes de volver a sembrar frijol, ya que al no haber plantas susceptibles un alto porcentaje de semilla del hongo germina y muere. Por último, deben quemarse los residuos de cosecha del cultivo anterior, con el fin de eliminar mayor cantidad de plantas enfermas portadoras del hongo. (Campos, 1987 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Enfermedades fungosas de importancia secundaria

Al cultivo del frijol lo atacan otros patógenos que causan enfermedades de menor importancia económica que las ya descritas. Estas son: **podriciones radiculares** por *Rhizoctonia solani* Jun y *Fusarium solani f. phaseoli* (Burk) Snyder y Hansen, **mancha redonda** *Chaetoseptoria wellmani* Stev., **Rhizoctonia del follaje**, *Rhizoctonia microsclerotia* Malz., **mancha angular**, *Isaropsis griseola* Sacc. mildiu vellosa, *Phytophthora phaseoli* Thaxter, **mildiu polvoriento** *Erysiphe polygoni* D.C., **mancha blanca**, *Cercospora canescens* Ell y Mart, **podrición Texana** *Phymatotrichum omnivorum* Shear, Dagg), **podriciones basales del tallo** (entre ellas damping off) causadas por *Sclerotium rolfsii* Sacc., *Phythium debaryanun* Hesse y **mancha harinosa** *Ramularia sp.* (Campos, 1987 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

7.2. Enfermedades causadas por bacterias

En México se han observado con mayor o menor intensidad tres enfermedades causadas por bacterias: el tizón de halo, el tizón común y en menor escala la marchitez bacterial.

Tizón de halo. *Pseudomonas phaseolicola* (E. F. Sn Dows)

El tizón de halo es la enfermedad más importante en las siembras temporales, pues causa daños considerables, defoliando a las plantas de frijol en las zonas de clima templado y con periodo de lluvias definido y regular. Para el desarrollo de esta bacteria, a temperatura debe estar entre 12 a 20°C, ya que a 24° C el desarrollo es imperceptible, y a 38°C la enfermedad no prospera. Los primeros síntomas aparecen en las hojas con forma de pequeños puntitos casi circulares de color café claro; después aumentan ligeramente de tamaño y a su alrededor se forma un halo o corona amarillenta, de donde le viene el nombre de la enfermedad. Las vainas atacadas también muestran manchas cafés, las cuales al principio tienen una apariencia grasosa o cerosa y cuando las condiciones climáticas favorecen las condiciones de las bacterias, las manchas se cubren con una mancha viscosa de color crema. Además si

el ataque ocurre también cuando la planta ha alcanzado cierto desarrollo vegetativo, generalmente pierde mucha flor, la carga disminuye y consecuentemente hay baja producción. (Campos, 1987 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Las medidas de control cultural contemplan hacer una arada profunda para incorporar los residuos de la cosecha anterior al suelo, donde la bacteria tiene pocas posibilidades de sobrevivir. Asimismo, se debe llevar a cabo una rotación de cultivo por lo menos durante tres años para disminuir el inóculo. Las variedades que resisten o toleran al tizón de halo, son Canocel, Mecentral, Negro 151, Negro 170, Negro 66, Puebla 152, Amarillo 154, Amarillo 156, Bayo 160, Bayo 159, Pinto 133, Pinto 162, Pinto 168 y Bayo 158. (Campos, 1987 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Tizón común. *Xanthomonas phaseoli* (E. F. Sm) Dow.

Esta bacteria causa los mayores daños cuando la temperatura varía entre 27 y 28°C. Los síntomas típicos de la enfermedad comienzan con la presencia de un amarillamiento de las hojas, especialmente en las partes comprendidas entre las nervaduras. En casos extremos la planta se marchita, las manchas amarillentas se extienden en toda la superficie foliar, las hojas se caen y la planta generalmente muere. No es muy frecuente el daño en las vainas y tallos; sobre las lesiones aparecen exudados bacterianos de color amarillo y cuando se secan adquieren una coloración rojiza. La bacteria puede penetrar hasta la semilla; ésta se chupa o arruga en comparación con la semilla sana. (Campos, 1987 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Para controlar esta enfermedad, la rotación de cultivos durante tres o más años es muy recomendable. Además, se sugiere eliminar los residuos de la cosecha anterior mediante la quema de los mismos. También hay variedades resistentes al tizón común, como Antigua, Bayo 160, Negro 66, Negro 171, Pinto 133, Durango 225, Puebla 152, Negro Puebla, Negro 150 y Pinto 163. (Campos, 1987 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

7.3. Enfermedades causadas por virus

Hay varias enfermedades del frijol causadas por virus, pero entre las más importantes están: **Mosaico común.** *Bean common mosaic virus* (BCMV), **Mosaico amarillo.** *Bean yellow mosaic virus* (BYMV) y **Mosaico dorado,** *Bean gold mosaic virus* (BGMV). Ninguna de estas enfermedades constituye en general un problema serio en las partes altas de México; sin embargo, sí lo es en zonas tropicales y semitropicales, y en El Bajío. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

8. Cosecha. Los ejotes deben cosecharse tan pronto como las vainas alcancen el tamaño y la textura comercial. Su calidad se puede determinar por observación de las plantas y de las vainas. Al momento de cortar los ejotes, estos deben estar firmes, ser jugosos y tiernos y tronar al partirlos. En

condiciones normales de cultivo, las primeras vainas estarán listas para cortarse de 12 a 14 días después de la aparición de las flores. El frijol ejotero florece continuamente y, por esta razón, después de dar el primer corte, es necesario cosechar frecuentemente, según vaya siendo necesario, para evitar que los ejotes pierdan calidad, al pasarse de la madurez de consumo. Generalmente es necesario cosechar cada 3 ó 4 días. Con estos lapsos entre los cortes, se puede tener la seguridad de que la calidad de los ejotes no se perderá. (Álvarez, 1957 y Echevarría, 200)

Al cosechar deben eliminarse todos los ejotes defectuosos, deformes, enfermos, pasados de madurez, marchitos, quebrados, picados por insectos y manchados, etc. Se aconseja usar canastos hechos de carrizo, de palma o de mimbre para la cosecha y embarque de los ejotes, porque así se pueden conservar las vainas frescas, se evita que éstas sufran presiones exageradas y así ni se doblan ni se quiebran. (Álvarez, 1957 y Echevarría, 2002)

7.2.8. Valor nutritivo.

La composición química de la vaina verde es en promedio: 85% de agua, 6.1% de proteínas, 0.2% de grasas, 6.4% de carbohidratos, 1.5% de fibras y 0.8% de cenizas. El ejote contiene alrededor de 2.5% de proteínas y varios aminoácidos: asparagina, aviginina, tirosina, leucina, lisina, solina, trigonelina y alantoína. Además, presenta vitaminas tales como: A, B₁, B₂ y C. (Guenkov, 1974 e INIA, 1982)

4.3. CULTIVO DE TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* Brot).

4.3.1. Origen.

El tomate de cáscara, *Physalis ixocarpa* Brot. es originario de México y formó junto con el chile, jitomate, calabaza y camote, parte de la alimentación de los pobladores precolombinos. La palabra tomate proviene del vocablo náhuatl "ayacachtomatl" cuyas etimologías corresponden a: ayacah (tli) = sonaja, cascabel y tomatl = tomatillo. Los aztecas lo cultivaban extensamente y lo llamaban "Miltomatl" que quiere decir "tomate cultivado" Se han encontrado vestigios de su uso como alimento en excavaciones hechas en el Valle de Tehuacan, Puebla que datan de 900 a 200 años A. C. (Perez, et al, 1997, Garza, 2002, Secretaría de Economía y UACH, 2002)

4.3.2. Importancia.

Hoy en día el tomate de cáscara, *Physalis ixocarpa* Brot. ha tomado una importancia sin precedente dentro de las hortalizas producidas en México, esto debido a que es un buen sustituto del jitomate y por el exquisito sabor que proporciona a los platillos tradicionales, siendo de relevancia sobre todo, para los estados centrales del país. Ésta hortaliza se cultiva en 28 estados de la República y se desarrolla en una altitud que va desde los 10 metros sobre el nivel del mar (msnm), en Tres Valles,

Veracruz a 2 600 msnm en el estado de México, además se desarrolla en una latitud desde el sur de Baja California (29° 23' LN) hasta el sur del estado de Chiapas (15° 54' LN). En el año agrícola 2003, la producción nacional de tomate de cáscara, se ubicó en 726,218 toneladas en 54,044 hectáreas cosechadas, que en un 73% se obtiene en áreas de riego y el restante 27% en temporal. Los estados que por su importancia destacan son: Sinaloa, Jalisco, Puebla, Sonora, y el Estado de México. Con respecto a la producción en forma orgánica de éste cultivo, para el mismo año Baja California sur cosechó 4 ha con una producción de 14 ton. ((Avilés, 1983, Secretaría de Economía y UACH, 2002 y SIAP, 2004) (ver anexo)

4.3.3. Usos.

El tomate de cáscara es destinado principalmente para consumo alimenticio en fresco como un componente más de diversos platillos regionales típicos. Además, se usa cocinado o asado principalmente para hacer salsa que acompaña a los alimentos, donde su objeto es solamente atenuar el sabor del chile. Actualmente es utilizado por la industria de alimentos envasados para la fabricación de salsas verdes que pueden ser adquiridas en el supermercado. Dentro de las principales agroindustrias que procesan y comercializan productos derivados del tomate de cáscara en México se incluye: Agroindustrias Deandar de Delicias, Empacadora San Marcos, Herdez y Conservas La Costeña. Por último, se dice que el tomate de cáscara tiene un uso medicinal, ya que el cocimiento de las cáscaras tiene efectos contra el cáncer. (Garza, 2002 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

4.3.4. Taxonomía.

El tomate de cáscara *Physalis ixocarpa* Brot. tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Vegetal

Subreino: Plantae

División: Spermatophyta

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotyledonae

Orden: Polemoniales

Familia: Solanaceae

Tribu: Solaneae

Género: *Physalis*

Especie: *ixocarpa* Brot.

N. común: Tomate verde o tomate de cáscara o tomatillo.

Dentro del género *Physalis sp.* se ha considerado que existen alrededor de 80 especies, aunque en México sólo *Physalis ixocarpa*, se cultiva comercialmente. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

4.3.5. Descripción botánica.

El tomate de cáscara, es una planta herbácea anual de 40 a 90 cm de altura e inclusive llega hasta 120 cm o más de altura, dependiendo del hábito de crecimiento. Ésta planta presenta un número cromosómico de $2n = 24$ (diploide). (Perez, et al, 1997 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Raíz.

El sistema radical en siembras directas se caracteriza por presentar raíz típica, columnar o pivotante; presentándose ramificaciones secundarias profundas que pueden alcanzar hasta 60 cm o más. El sistema radicular se modifica en el método de transplante, transformándose en fibroso el cual cuenta con poca penetración en el suelo. (Saray y Loya, 1977 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Hábito de crecimiento.

Es común que en las siembras de tomate de cáscara aparezcan dos tipos de hábitos de crecimiento: rastrero, y erecto, principalmente en variedades criollas. El hábito rastrero se caracteriza porque generalmente no alcanza alturas mayores de 30 cm, ya que conforme se va desarrollando la planta, los tallos se extienden sobre la superficie del suelo. El tipo erecto se identifica por el aspecto arbustivo que presenta la planta, originado por un crecimiento casi vertical de los tallos, con la desventaja que se doblan o se rajan con el peso de los frutos. (Saray y Loya, 1977, Perez, et al, 1997 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Tallo.

El tallo es estriado; herbáceo o ligeramente leñoso en la base que puede ser erecto o rastrero, con un diámetro del tronco principal de 1.1 a 1.3 cm; presentando ramas primarias de 0.8 a 1.3 cm de diámetro, llegándose a extender a 1.0 m de longitud. En los primeros días de vida se presentan pilosidades o pubescencias esparcidas en el tallo, hojas y ramas, los cuales se van perdiendo a medida que crece la planta. (Avilés, 1983, Saray y Loya, 1977 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Hojas.

Las hojas son compuestas, erectas, alternadas, de forma ovada; su tamaño varía de 5 a 10 cm de largo por 4 a 6 cm de ancho; tienen la base atenuada y el ápice agudo o ligeramente acuminado, con márgenes irregulares dentados, pero por lo general presentan seis dientes por cada lado. Las hojas son pecioladas cuyo pecíolo va de 4 a 6.5 cm de largo. En forma general, sobre cada nudo se desarrolla una hoja y dos ramificaciones y en cada bifurcación, una rama se desarrolla más que otra. (Saray y Loya 1977 Avilés, 1983, Perez, et al, 1997 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Flor.

Las flores son bisexuales, perfectas o hermafroditas; éstas son solitarias y salen de la dicotomía de las ramas; son pequeñas, pentámeras, con bordes de color amarillo brillante y con pedicelos de 0.7 a 1.7 cm de largo, lóbulos de cáliz de 0.7 a 1.3 cm de largo. Las anteras son azules o azul verde de 0.2 a 0.4 cm de largo, las cuales se encorvan después de la dehiscencia. La corola tiene de 1.0 a 2.7 cm de diámetro; su color es amarillo aunque algunas veces está púrpura y descolorida en el centro o con manchas azul-verdoso o morado, tenues o muy marcadas; acampanulada o circular; de lóbulos plegados, y con los estambres insertados en la base de la corola. El estigma presenta dos hendiduras, casi bilobulado. Produce una gran cantidad de flores, pero solo el 30% es potencial. (Saray y Loya 1977, Avilés, 1983 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Fruto.

El fruto es una baya globular colgante amarilla o verdusca, con tamaño variable de 1.0 a 6.0 cm de diámetro, con pulpa de sabor ácido, dulce o agridulce. El cáliz campanulado que lo cubre presenta diez costillas (nervaduras) que en algunos casos son de color morado dependiendo del cultivar, pero en general son del mismo color del fruto (verde, morado o verde amarillento); los pedicelos miden de 0.6 a 1.0 cm de largo. (Saray y Loya 1977, Avilés, 1983, Perez, et al y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Semilla.

Las semillas se encuentran esparcidas en el endocarpio del fruto y son de forma circular aplanada, con una coloración crema, midiendo aproximadamente de 3.0 a 3.5 mm de diámetro. La semilla en su interior presenta, dos cotiledones que se encuentran cubiertos por el tegumento. (Avilés, 1983)

4.3.6. Requerimientos climáticos.

Temperatura. El nivel adecuado de temperatura para la germinación del tomate de cáscara es de 20 a 25° C. Para el crecimiento vegetativo requiere de 22 a 25° C, ya que con temperaturas de 30° C el crecimiento disminuye y con 40° C ó más se puede detener. Cuando la planta entra a floración requiere de 30 a 32° C. Con temperaturas por arriba de éstos valores, durante la floración, se puede provocar deshidratación del tubo polínico, provocando una polinización incompleta y frutos mal formados. (Saray y Loya 1977, Avilés, 1983 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Humedad. En el caso de la humedad, las etapas críticas corresponden a la germinación, emergencia y trasplante. El resto del ciclo, incluyendo floración, necesita de un 60% de la humedad a capacidad de campo. En condiciones de sequía la planta rápidamente emite flores acelerando la

maduración, los frutos son pequeños, en menor cantidad, de sabor ácido y algunos son deformes. (Saray y Loya 1977, y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Luz. En general es una planta moderadamente exigente en intensidad luminosa; se estima que la especie se desarrolla óptimamente con 2,500 bujías-pie. Se puede decir que de la emergencia hasta el inicio de la maduración comercial del fruto constituye el período de mayor exigencia. A partir de esta fase, sus necesidades se reducen significativamente. Las variedades comerciales requieren de 7,000 luxes aproximadamente y alrededor de 10 horas luz. (Saray y Loya 1977, Avilés, 19835 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Suelo. El tomate de cáscara se desarrolla bien el cultivo son los arcillo-arenosos, con disponibilidad de riego. Además se da en otros tipos de suelo como el franco-arcilloso y franco-limoso. El tomate de cáscara prospera en suelos pesados, cuando se llevan a cabo debidamente las prácticas de preparación de suelo y de labores de cultivo. El pH adecuado para el desarrollo de esta planta varía de 5.0 a 7.0. (Saray y Loya 1977, Avilés, 1983 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

4.3.7. Proceso productivo.

Preparación del terreno. Las prácticas que se realizan para tener una producción óptima de tomate de cáscara, incluyen:

1. **Barbecho.** Para que la planta de tomate alcance un buen desarrollo de la raíz, es necesario realizar un barbecho de aproximadamente 25 centímetros de profundidad, con el propósito de intemperizar la tierra y evitar la proliferación de plagas. Esta operación se hace con arado de discos o de rejas y puede accionarse con tracción animal (arado de reja). (Saray y Loya 1977 y Güemes, et al, 2001)

2. **Rastro.** Deben de darse los pasos de rastra necesarios para dejar el suelo bien mullido y desmenuzado, para lograr un adecuado desarrollo radicular de la planta. (Saray y Loya 1977 y Güemes, et al, 2001)

3. **Nivelación.** Con el fin de que no se pierdan plantas por encharcamiento y prevenir la presencia de enfermedades, deben realizarse los pasos de viga o riel necesarios para dejar el terreno parejo y lograr un riego uniforme; esto permitirá obtener una buena emergencia de plantas. (Saray y Loya 1977 y Güemes, et al, 2001)

4. Surcado. Se recomienda que la distancia entre surcos sea de 1.0 a 1.2 metros, ya que en distancias menores, a pesar de tener mayor densidad de población, no se consigue un incremento significativo en la producción. En el caso de temporal, es conveniente hacer los surcos altos, mayores de 20 centímetros para evitar el exceso de humedad con un buen drenaje. (Saray y Loya 1977 y Güemes, et al, 2001)

Descripción de la variedad.

Rendidora. Es un criollo sobresaliente. La planta es vigorosa y alcanza una altura promedio de 80 cm. y sus ramas llegan a extenderse a un metro de longitud. Las hojas son grandes, ovaladas, de 11 cm. de largo y 6 cm de ancho. La flor es grande de color amarillo, con un diámetro de apertura de 2.5 cm. Las plantas de ésta variedad tiene un ciclo de vida de aproximadamente 90 días desde el transplante hasta la senescencia, por lo que se considera una variedad precoz. Por otra parte, al clasificar la producción de esta variedad, se tiene un 35% de fruto grande (mayor de 4.5 cm. de diámetro) y un 36% corresponde a frutos medianos (de 3.0 a 4.5 cm. de diámetro). Aproximadamente un 83% de la producción, corresponde a frutos que llenan completamente la bolsa (frutos cubiertos por el cáliz). El color del fruto es verde limón, lo cual lo hace muy apreciado en el mercado.; la firmeza del fruto es buena, calidad deseable durante el transporte; es agridulce y preferido en la preparación de salsas. Los frutos comienzan a madurar de los 55 a 60 días después de la siembra. (Saray y Loya 1977 y Güemes, et al, 2001)

Método y densidad de siembra.

La siembra del tomate de cáscara puede hacerse mediante dos métodos:

a) **Siembra directa.** Mediante este método, se requiere aproximadamente de 2 Kg de semilla por hectárea, depositando de 10 a 20 semillas por mata. Se recomienda que la distancia entre mata y mata sea de 50 cm. debido a que si se siembra a menor distancia, no habrá mayor rendimiento al tener más plantas. (SAG,1975, Saray y Loya 1977 y Avilés, 1983)

b) **Siembra de trasplante.** El tomate de cáscara puede establecerse bajo el método de transplante; cuando el almácigo es de piso, se utilizan 250 gramos de semilla que si se siembran en 40 metros cuadrados de almácigo se producirá suficiente planta para establecer una hectárea, colocando dos plantas por cada 50 centímetros. El almácigo normalmente es de un metro de ancho, por largo variable, y profundidad o altura de 25 a 30 cm dependiendo del área a trasplantar y las necesidades del productor. Como sustrato se pueden utilizar arena común mezclada con estiércol, marcas comerciales de sustratos e incluso en tierra natural sin mezclar se puede propagar la semilla de tomate. Una forma económica de desinfectar el almácigo es por medio de la solarización que consiste en regar y cubrir el suelo agrícola con plástico transparente o claro de 1 – 1.5 mm de grosor, sellado con tierra en toda la orilla, con el fin de lograr su calentamiento y elevar la temperatura a niveles letales (10-20°C más que lo normal) para la

maleza y los microorganismos habitantes del suelo. Dos semanas son suficientes para tener un almácigo desinfectado para tomate de cáscara. (Güemes, et al, 2001 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

La siembra se realiza de dos formas: en surcos y al "voleo". Con la siembra en surcos se facilita el control de malezas y permite el mejor desarrollo de las plantas y una menor incidencia de enfermedades. Los surcos deben de estar espaciados a 10 cm entre sí, y a una profundidad de 1.5 a 2 cm, y taparlos con una capa ligera de tierra fina o arena seca. La siembra puede realizarse, también al "voleo" distribuyendo uniformemente la semilla, aunque hay problemas para combatir las malas hierbas en éste caso. Se recomienda realizar la siembra en terrenos muy húmedos y cubrir la semilla con tierra seca. (Güemes, et al, 2001 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Es necesario regar ligeramente el almácigo todos los días. Las horas apropiadas para regar los almácigos son por la tarde y por la mañana al amanecer, usando una manguera o regadera que distribuya el agua en finas gotas. Cuando las plántulas tienen una altura de alrededor de 3 cm y con el terreno moderadamente húmedo, debe realizarse un aclareo con el fin de que las plántulas no crezcan pálidas y débiles por falta de luz, aire y espacio; eliminando las plantas mal formadas o estropeadas. (Saray y Loya, 1977 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Manejo agronómico del cultivo.

1. Aclareo.

Siembra directa. Cuando se realiza la siembra directa, es necesario hacer un aclareo de los 8 a los 10 días después de la emergencia de la planta, dejando de 3 a 4 plantas por mata a fin de evitar un crecimiento raquíto o hilamiento y como consecuencia el acame de las mismas. A los 20 ó 30 días, cuando se considera que el cultivo se ha establecido en forma definida, se debe hacer un segundo aclareo dejando solamente 2 plantas por mata. (SAG, 1975, y Saray y Loya, 1977)

Trasplante. Las plantas deben transplantarse al terreno definitivo cuando miden de 8 a 10 centímetros de altura, que es cuando presentan tres o cuatro hojas verdaderas, lo anterior ocurre entre los 15 a 21 días después de la siembra en verano, y de los 18 a 21 días en siembras de invierno. La distancia entre matas es de 50 cm para la zona de Zacatepec, dejando una o dos plantas por mata. Las plantas deben estar sanas, de tallo grueso y conservar las hojas cotiledóneas. Cuando se realiza el trasplante, generalmente se presentan fallas de establecimiento de plántulas, las cuales deben ser repuestas en los primeros 5 días después de realizado. (Saray y Loya, 1977 y Güemes, et al, 2001)

2. Deshierbes. También llamados "raspadillas" o "tlamatecas" se efectúan después del primer aclareo (8 a 10 días) o cuando se considere necesario. Alrededor de los 30 días se recomienda dar un paso de cultivadora, con el propósito de eliminar la maleza presente, desmenuzar el suelo y evitar que se

formen terrones que dificulten el aporque, el cual se debe realizar inmediatamente después del paso de cultivadora y arrimar el suelo para la mayor formación de raíces secundarias o adventicias. (SAG, 1975, Avilés, 1983, Güemes, et al, 2001 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

3. Riegos. En lo que respecta a los riegos no se puede establecer un calendario similar para las diferentes localidades, ya que las necesidades de agua de las plantas dependen de muchos factores edáficos y ambientales como son: la textura del suelo, la temperatura y la humedad relativa. Sin embargo, es conveniente efectuar los riegos oportunamente para conseguir un buen desarrollo de la planta; deben procurarse que el intervalo entre los riegos permita que el terreno quede en condiciones de trabajarse y cubrir etapas críticas de la planta. Para la localidad de Zacatepec, el primer riego se da en el trasplante, posteriormente se dan 2 riegos cada 10 a 12 días y se continúa con riegos ligeros cada semana (Saray y Loya, 1977, SAG, 1975, Avilés, 1983, Güemes, et al, 2001 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

4. Fertilización. Maldonado y Torres, (1996) en una evaluación de compostas de estiércoles de bovino, equino y ovino con paja de avena y la aplicación de fertilizantes químicos (90-45-15) en la variedad CHF-1 Chapingo, obtuvieron el mayor rendimiento (15.50 ton/ha) al aplicar la composta de estiércol bovino y paja de avena (33.3 ton/ha) con la dosis de fertilización química (90-45-15).

5. Plagas y su control. Las principales plagas reportadas en el cultivo son

El barrenador del tallo del tomate de cáscara, *Trichobaris championi* Barker.

Conocido como borreguillo o capichi, es la principal plaga de este cultivo. El adulto es un picudo de cuerpo ovalado, mide de 5 a 6 mm de largo por 2 a 2.5 mm de ancho, es de color gris cenizo y en el dorso tiene 3 manchitas negras. El huevo es arrañonado, amarillento y muy pequeño, mide alrededor de 0.5 mm de largo. El daño lo ocasiona en estado larvario, debido a que barrena a lo largo el tallo y algunas ramas; siendo durante la floración y al final de su ciclo vegetativo del cultivo cuando el daño se hace evidente, porque la planta se debilita, las hojas se ven pequeñas y ligeramente amarillentas. Las plantas atacadas por el insecto también son infectadas por hongos fitopatógenos como *Fusarium sp.* (Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados, et al, 2004)

Las medidas de control recomendadas contemplan el uso de cultivos trampa: debido a que los adultos invernantes (los que sobreviven la época fría) llegan al cultivo 2 o 3 días después del trasplante o de 5 a 10 días de emergencia, así es conveniente establecer, unos 15 días antes de la siembra o del trasplante, algunos surcos con tomate para atraer a los picudos hibernantes y ahí aplicar un insecticida biológico de manera dirigida. Además, se recomienda destruir los residuos de cosecha mediante trituración y después incorporarlos al suelo, procurando cortar los tallos en tramos menores de 10 cm. (Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados, et al, 2004)

Pulga saltona, *Epitrix cucumeris* Harris.

Son insectos diminutos que miden de 1.5 a 2.5 mm de longitud, de cuerpo oval y color negro brillante; antenas y patas de color café anaranjado con el fémur posterior claramente engrosado y adaptado para el salto. Durante su desarrollo permanece bajo el suelo y en su estado adulto sale a la superficie para alimentarse de follaje tierno. La plaga causa daño durante el almácigo y las primeras tres semanas después del trasplante. Se alimenta de las hojas y brotes tiernos dejando agujeros conocidos como "tiros de munición". (SAG, 1975, Saray y Loya, 1977, Anaya, et al, 1992 y Güemes, et al, 2001)

Dentro de los métodos de control, se sugiere eliminar plantas hospederas como zacates silvestres, residuos de cosecha o basura alrededor de los campos de cultivo; así como realizar barbechos profundos inmediatamente después de la cosecha. También, se recomienda cubrir los almácigos con manta de cielo de 20 hilos por pulgada (Anaya, et al, 1992 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

En cuanto a su control biológico, se sugiere utilizar dípteros de la familia Trachinidae: *Sarcophaga rapax* y *Chauliognathus sp.* También, existe un bioinsecticida orgánico, PHC NEEEM que es recomendado para el control de esta plaga. (Avilés, 1983, Güemes, et al, 2001, Secretaría de Economía y UACH, 2002 y Rosenstein, 2003)

Mosquita blanca, *Trialeurodes vaporariorum* West.

Son insectos chupadores, que se localizan en el envés de las hojas hospederas y está presente en casi todo el ciclo del cultivo. Presenta metamorfosis incompleta; es decir, que su ciclo biológico se conforma de huevecillo, ninfa y adulto. La ninfa recién nacida es de forma oval, aplanada, semitransparente y de color verde pálido. El adulto tiene alas de color blanco, mientras que los apéndices del cuerpo tienen un tinte amarillo. El daño directo lo causan las ninfas y los adultos por la succión de los nutrientes a la planta a través de su aparato bucal. Esta actividad ocasiona el amarillamiento de la planta hospera, la cual detiene su crecimiento e incluso puede llegar a morir cuando la población del insecto es muy alta. Otro daño causado por la mosquita blanca es la excreción de mielecilla sobre las hojas, en la cual, se desarrolla una fungosis negra llamada fumagina. Los hongos que se desarrollan sobre esta sustancia azucarada son: *Meliola camellialli*, *Capnodium sp.* e *Ichne sp.* La fumagina ocasiona interferencia con la fotosíntesis, con la consecuente reducción del vigor de la planta, puesto que cubre casi por completo el follaje. Además del daño directo, las ninfas y adultos transmiten enfermedades, particularmente virales, como el chino del tomate, que pueden destruir comercialmente un cultivo en unos cuantos días. (SAG, 1975, Saray y Loya, 1977, Anaya, et al, 1992, Güemes, et al, 2001 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Dentro de las medidas de control biológico, la mosquita blanca tiene varios enemigos naturales; sin embargo los más importantes son: *Encarsia formosa*, *E. lutea* y *Eretmocerus sp.* También existe en el mercado, Brálic y Garlic Barrier, que son repelentes agrícolas, a base de extractos de ajo que poseen

acción disuasora en los hábitos alimenticios de la plaga y obstruye la acción de las feromonas naturales causando desorientación a los insectos en su etapa de reproducción. Asimismo, hay un bioinsecticida orgánico, PHC NEEEM que es recomendado para el control de esta plaga. (Anaya, et al, 1992 y Rosenstein, 2003)

Por último, existe el uso de extractos de plantas con actividad insecticida. Con relación a esto, Domínguez y colaboradores, citados por Anaya, 2002, evaluaron en el estado de Morelos, la toxicidad de los extractos de cebolla, cempasúchil, lechuguilla y epazote para control de la mosquita blanca, y encontraron que tanto los extractos de epazote como lechuguilla fueron los más efectivos, ya que no sólo causaron alta mortandad de huevecillos, sino que además tuvieron acción repelente. Morales et al, citados por Anaya, 1992; consignan que los extractos de semilla del árbol del neem, *Azadirachta indica*, bajo condiciones de invernadero, disminuyeron significativamente el número de individuos adultos e inmaduros de la mosquita blanca en campos de algodón.

Otras plagas que atacan al cultivo de tomate de cáscara, pero que son de importancia secundaria son: **Gusano del fruto**, *Heliothis suflexa* Genée, **Pulgón saltador**, *Paratrioza cockerelli* Sulzer, **Trips de las flores**, *Trialeurodes vaporariorum* West, y *Bemisia sp.*, **Mayate o catarinita del tomate de cáscara**, *Lema trilineata daturaphila* Kogan y Goeden, **Frailecillo o burro**, *Macrodactylus mexicanus* B., **Picudo del toloache**, *Trichobaris mucorea* LeConte y **Gusano alfilerado**, *Diabrotica undecimpunctata* Howardi. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

6. Enfermedades y su control. Dentro de las enfermedades reportadas más actuales encontramos:

Tizón foliar, *Alternaria solani* (Ell. & Martin) Jones & Grout.

Esta enfermedad se ha encontrado en Morelos, Sinaloa, San Luis Potosí, Veracruz, Guanajuato, Estado de México y otras pequeñas áreas donde se cultivan solanáceas y el tiempo lluvioso estimula la esporulación del hongo. Las lesiones más típicas de la enfermedad se presentan en las hojas en forma de manchas circulares de color café, donde destacan anillos concéntricos de color más oscuro. Las hojas severamente atacadas cambian del color verde al amarillo, luego café; se desprenden de las ramas y dejan a los frutos expuestos a quemaduras de sol. En las plantas vigorosas la defoliación avanza lentamente y permite la maduración casi normal de los frutos. Las lesiones en los tallos y ramas son de forma oval, pero al igual que las manchas en las hojas y frutos presentan anillos concéntricos de color café a café oscuro. (Anaya, et al, 1992y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Las enfermedades causadas por *Alternaria* se controlan principalmente con el uso de semilla sana. La rotación de cultivos por un período de 3 años que reduce la cantidad de inóculo y eliminar los residuos de cosecha son medidas de control importante. (Avilés, 1983 y Anaya, et al, 1992)

Cenicilla, *Oidium sp.*

Es la enfermedad del tomate de cáscara más generalizada en los estados de Morelos y México, y se presenta en hojas, tallos, ramas y frutos, órganos en los cuales se notan claramente las manchas blanquecinas que pueden ocasionar la caída de hojas, un pobre desarrollo de fruto y manchado de éste afectándose seriamente su comercialización. El rendimiento se reduce en un 50% o más. Esta enfermedad se puede reconocer, inicialmente por unos pequeños puntitos blancos, o verde pálido, que se localizan de preferencia en las partes bajas de la planta (base del tallo, ramas y hojas inferiores) debido a que en esta zona la humedad ambiental es más alta. Los puntos se van desarrollando hasta juntarse entre sí, invadiendo casi completamente las partes afectadas, quedando éstas cubiertas por un polvillo blanco, como una cubierta de ceniza, razón por la cual la enfermedad se conoce como cenicilla. (Avilés, 19835 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Para el control de la enfermedad, se recomienda la recolección y destrucción de las plantas o residuos vegetales infectados. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Marchitez, *Fusarium oxysporum* (Sheld.) Snyder y Hansen.

En México se ha observado su presencia en los Estados de Guanajuato, Morelos, México y Michoacán. Los primeros síntomas de la enfermedad se manifiestan en un ligero aclaramiento de las nervaduras de los folíolos jóvenes más externos, después de lo cual ocurre la epinastía de las hojas senescentes ocasionada por el debilitamiento de los pecíolos. Es más frecuente que en las plantas adultas ocurra epinastía foliar y un previo aclaramiento de las nervaduras de sus hojas antes de que se produzca achaparramiento, amarillamiento de las hojas inferiores, formación ocasional de raíces adventicias, marchitamiento de los tallos y hojas jóvenes, defoliación, necrosis marginal de sus hojas persistentes y finalmente su muerte. Con frecuencia, estos síntomas aparecen sólo en uno de los costados del tallo y avanzan hasta la parte superior de la planta hasta que destruyen el follaje y ocasionalmente la muerte del tallo. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Para la prevención se recomienda tratar la semilla con agua caliente por 20 minutos a 50° C, que elimina al patógeno; además, se sugiere no fertilizar con demasiado nitrógeno y sí con más potasio; dar riegos ligeros y frecuentes para tener una buena humedad en el suelo, sin llegar al exceso. También es necesario usar semilla sana o tratada, efectuar la rotación de cultivos, esterilizar el suelo y eliminar plantas atacadas. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Otras enfermedades presentes en el cultivo del tomate de cáscara que son de importancia secundaria son: **Moho gris**, *Botrytis cinerea* Pers., **Moho blanco o pudrición blanca**, *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) Sacc., **Carbón blanco**, *Entyloma australe* Speg. **Mancha de la hoja**, *Cercospora physalidis* Ellis. (Saray y Loya, 19977, Avilés, 1983 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

7. Prácticas especiales.

7.1. Espaldera. Debido a que el tomate de cáscara desarrolla un sistema vegetativo muy grande; al no haber ningún soporte que lo mantenga en pie cae al suelo, ocasionando malformaciones y pudriciones en los frutos que quedan en contacto con el mismo, por lo que se sugiere utilizar el sistema de envarado; éste consiste en colocar una vara cada 1.5 metros o cada tres matas, la vara se entierra de 30 a 40 centímetros; después se sujetan las plantas con alambre galvanizado del número 20. El primer hilo se pone a 30 centímetros de altura de la planta, a medida que va creciendo la planta y necesita sostén, se van colocando más hilos de alambre, la separación entre un hilo y otro es de 30 cm. Se envaran entre los 15 a 20 días después del transplante cuando las plantas alcanzan 50 centímetros de altura. (Avilés, 1983, Güemes, et al, 2001 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

7.2. Encamado. Consiste en arreglar las ramas de las plantas de manera que las plantas de cada dos surcos se unan y den apariencia de camas. Los dos surcos de los lados deben quedar libres para dar los riegos y hacer la cosecha. Esta práctica se recomienda que se realice durante la floración. (Avilés, 1983, Güemes, et al, 2001 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

8. Cosecha. El tomate de cáscara se cosecha manualmente cortando los frutos que se encuentren maduros, los cuales, se recolectan para después ser empacados en cajas de madera. Los cortes se deben iniciar cuando hayan madurado los primeros tres o cuatro frutos en la mayoría de las plantas. También se recomienda que la cosecha se inicie con los primeros frutos desarrollados, maduros, cortando cada semana hasta cosechar el total de ellos. El número de cortes varía de 4 a 6, dependiendo del vigor, de la carga de la planta y del manejo del cultivo. Los frutos que están maduros se identifican porque llenan completamente la "bolsa" (cáliz) que los cubre, e incluso en algunas ocasiones la rompen; lo cual ocurre entre los 70 y 80 días en climas tropicales y a los 100 días en condiciones templadas. (Avilés, 1983, Güemes, et al, 2001 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

4.3.8. Valor nutritivo

Cada 100 g de tomate contienen 1 g de proteínas, 0.7 g de grasas, 4.5 g de carbohidratos, 18 mg de calcio, 2.3 mg de hierro, tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico. (INIA, 1982 y Pérez et al, 1997)

4.4. EL CULTIVO DE LA CEBOLLA (*Allium cepa* L.).

4.4.1 Origen.

La cebolla (*Allium cepa* L.) es originaria de Asia Central; sus formas primitivas todavía se encuentran en Irán, Turquía, Afganistán y Pakistán. La región Mediterránea, Egipto y Medio Oriente se consideran como área de difusión secundaria. Ésta planta fue conocida por los pueblos más antiguos: griegos, romanos, egipcios entre otros. En Egipto se han encontrado representaciones de bulbos de cebolla que datan del año 3000 a. de C. (Guenkov, 1974, Valades, 1974 y Brewster, 2001)

4.4.2 Importancia.

El cultivo de cebolla está ampliamente difundido en nuestro país y se cultiva en 24 estados de la República Mexicana. La cebolla, en el año 2003, ocupó el segundo lugar en nuestro país referente a superficie cultivada dentro de las hortalizas con 33,686 ha y una producción de 945,545 ton, sólo después del chile verde (*Capsicum annum* L) que tuvo una superficie cosechada de 57,565 ha y superando al jitomate (*Lycopersicon esculentum* L.) con una superficie cosechada de 24,288 ha. Los principales estados productores de cebolla fueron en orden de importancia Guanajuato, Chihuahua, Tamaulipas, Michoacán y Zacatecas aportando el 74% de la producción nacional. (Secretaría de Economía y UACH, 2002 y SIAP, 2004) (Ver anexo)

4.4.3. Usos.

La cebolla es un alimento tónico, diurético, digestivo, dotado de propiedades antirreumáticas y de un cierto poder afrodisíaco. Además, esta hortaliza tiene una acción bactericida muy fuerte; por ese motivo, desde hace mucho tiempo ha sido usada en la medicina popular contra inflamaciones y otras afecciones. Asimismo, se aprovecha en fresco, en conserva, en encurtidos, en deshidratados y para extraer determinadas esencias como propil-sulfóxido de cisteína, disulfuro de dipropilo y dimetiltiofeno. (Guenkov, 1974, Maroto, 1986 y Valadez, 1994)

4.4.4. Taxonomía

El género *Allium* contiene aproximadamente 500 especies ampliamente distribuidas. Además de los cultivares comunes de cebolla, con un solo bulbo y flores en el extremo de los escapos, se distinguen dos variedades botánicas:

Allium cepa variedad *viviparum* Metz, que produce bulbillos en los escapos umbeliformes y a la que pertenece la cebolla de Egipto

Allium cepa variedad *aggregatum* Don, que puede propagarse por división de bulbos (Tapia, 1994, Brewster, 2001, y Salinkhe y Kadams, 2003)

La clasificación botánica de la cebolla es:

Clase: Monocotyledonae

Superorden: Liliiflorae

Orden: Asparagales

Tribu: Alliae

Familia: Alliaceae

Género: *Allium*

Especie: *cepa* (Brewster, 2001)

4.4.5. Descripción botánica.

La cebolla es claramente definida como una planta bianual, que en condiciones normales se comporta como anual para recolectar los bulbos, y como bianual cuando el objetivo es recoger semillas. Es trianual cuando se propaga a través de bulbillo o cebollín. Ésta especie es diploide ya que su número cromosómico es $2n = 16$. (Guenkov, 1974 y Maroto, 1986)

Sistema radical

La raíz primaria, que emerge de la semilla, vive normalmente sólo unas pocas semanas y muere. En realidad todas sus raíces son adventicias. Las raíces nacen del tallo y su número aumenta paulatinamente casi hasta el fin del periodo vegetativo. De una planta se originan aproximadamente de 60 a 70 raíces fusiformes principales, y sobre éstas, se forman raíces laterales. Las raíces llegan a una profundidad de 80-90 cm. la mayor parte del sistema de raíces, no obstante, está situada en una capa de suelo de poca profundidad desde menos de 5 cm hasta 40 ó 45 cm. (Guenkov, 1974, Meneses, 1997, Perez, et al, 1997, Brewster, 2001 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Tallo.

En la cebolla existen tres tipos de tallos: tallo verdadero, tallo falso ó pseudotallo y tallo floral ó escapo floral. (Maroto, 1986 y Tapia, 1994)

1. Tallo verdadero. También llamado base del bulbo se encuentra en el extremo inferior de los bulbos y se define como un "disco" constituido por una masa caulinar aplanada con entrenudos cortos situados en la base del bulbo. En este "disco" se forman las yemas y las hojas, así como numerosas raíces que presentan grandes diferencias en forma, color y dimensiones según sea la variedad. Durante el primer año, el tallo alcanza una altura de 0.5 a 1.5 cm y de 1.5 a 2.0 cm de ancho. (Guenkov, 1974, Maroto, 1986, Perez, et al, 1997 y Brewster, 2001)

2. Pseudotallo. Se forma con las vainas cilíndricas de las hojas que se sitúan una dentro de la otra. Por consiguiente, es una formación foliar que no tiene nada que ver con el tallo verdadero. Debido a

la turgencia de las hojas y al crecimiento de las más jóvenes en el interior, el falso tallo es duro y se mantiene erecto casi hasta el final del ciclo, cuando cesa la producción de nuevas hojas y se da el doblado o colapso foliar. (Guenkov, 1974, Brewster, 2001 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

3. Tallos Florales. Los tallos florales crecen durante el segundo año y se desarrollan si la formación de los bulbos es seguida por un período prolongado de frío, con el cual las yemas pueden ser vernalizadas. Los tallos florales son verdes, huecos y ensanchados en su parte central. Sobre ellos no se forman ni hojas ni raíces adventicias, y mueren después de madurar las semillas. (Guenkov, 1974, Tapia, 1994, Perez, et al, 1997, Brewster, 2001 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Hojas.

Las hojas de la cebolla son tubulares, aguzadas en su parte superior y ensanchadas en la parte central; se encuentran insertadas sobre el tallo verdadero o "disco". Son de color verde o verde claro. Cada hoja consta de dos partes: limbo foliar (hoja verdadera) y vaina cilíndrica o envolvente. Sobre una planta se forman de 10 a 15 hojas. La capa cerosa confiere a la planta características como poca pérdida de agua por transpiración. (Guenkov, 1974, Tapia, 1994 y Brewster, 2001)

Flor e inflorescencia.

La inflorescencia de la cebolla es una umbela simple, de forma esferoidal y protegida por una espata formada por dos brácteas membranosas. La inflorescencia emerge del escapo floral, el cual puede alcanzar una altura de 1 a 2 m de largo y en ella, según la variedad y el tiempo de su formación, se forman de 200 a 1,000 flores. (Guenkov, 1974, Brewster, 2001 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Las flores de la cebolla son de color verde pardo, violáceas o blancas, de pedúnculos largos y hermafroditas. Tiene 6 pétalos y 6 estambres; el ovario es súpero y trilobular, en cada lóculo se encuentran dos óvulos, por lo cual una cápsula puede formar hasta 6 semillas. (Guenkov, 1974, Brewster, 2001 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

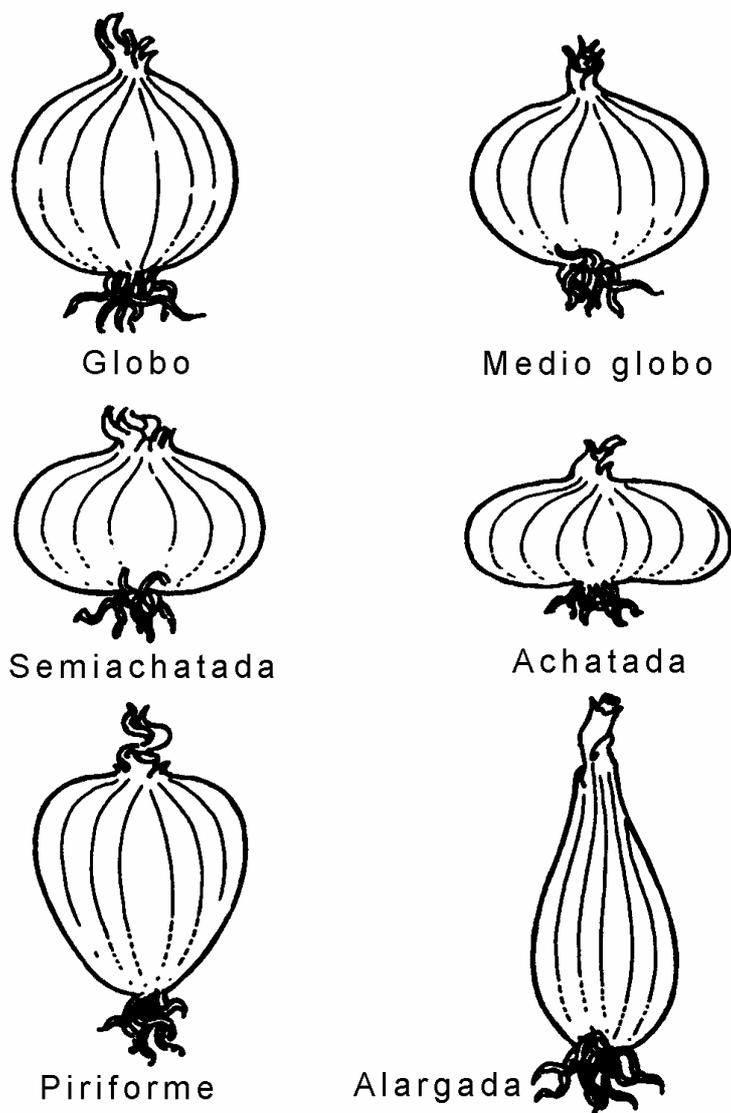
La cebolla es una planta de polinización cruzada (alógama) en donde los principales agentes polinizadores son los insectos, como las abejas (*Aphis mellifera*). (Guenkov, 1974 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Bulbo.

Hume y Kramp (1971) afirman que las características del bulbo difieren de acuerdo a la variedad, y que éstos pueden clasificarse en cuanto a tamaño (pequeño, mediano y grande), color (blanco, amarillo o rojo), textura (fina o áspera) y de acuerdo al sabor o grado de pungencia del bulbo, aquí hay tres tipos: suave o dulce, semisuave y picante o fuerte. Además, la cebolla se puede clasificar de acuerdo a la forma del bulbo como se muestra en la siguiente figura. (Tapia, 1994 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

El bulbo es el órgano donde se acumulan las sustancias nutritivas de reserva durante el primer año (ciclo de crecimiento). Consiste en túnicas o escamas carnosas, yemas y tallo verdadero. Las escamas carnosas pueden ser abiertas o cerradas. Las abiertas se forman mediante el engrosamiento de la parte inferior de las vainas de las hojas, que normalmente habrán crecido durante el ciclo vegetativo. Ellas envuelven completamente el bulbo. Las sustancias nutritivas de las escamas exteriores, se acercan a través del tallo verdadero a las más interiores y a las yemas; de este modo las exteriores se convierten en túnicas. Las escamas cerradas se forman de las vainas enteras de las hojas que no han formado limbo, éstas envuelven una ó más yemas, las cuales, se forman generalmente después de la sexta hoja. (Guenkov, 1974, Brewster, 2001 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Figura 3. Diferentes formas del bulbo en cebolla (*Allium cepa* L.)



Fruto y semilla.

El fruto es una cápsula tricarpelar, dentro de la cual pueden formarse hasta 6 semillas. Estas semillas son de color negro, angulosas y de superficie rugosa. Asimismo, una semilla mide

aproximadamente 2 mm, el embrión es curvo, con un cotiledón cilíndrico y una cortísima radícula. (Guenkov, 1974, Maroto, 1986, Sobrino y Sobrino, 1992, Brewster, 2001 y Secretaría de economía y UACH, 2002)

4.4.6. Fenología de la cebolla.

En cuanto a la formación del bulbo se distinguen dos estados de desarrollo. En primer lugar se tiene la germinación de la semilla y la formación de hojas; y en segundo, la formación del bulbo y su maduración, cuando las bases de las hojas se hinchan y no forman nuevas hojas (figura 4). La duración de cada uno de estos estados es determinada por la temperatura y la duración del día. (Brewster, 2001 y Secretaría de economía y UACH, 2002)

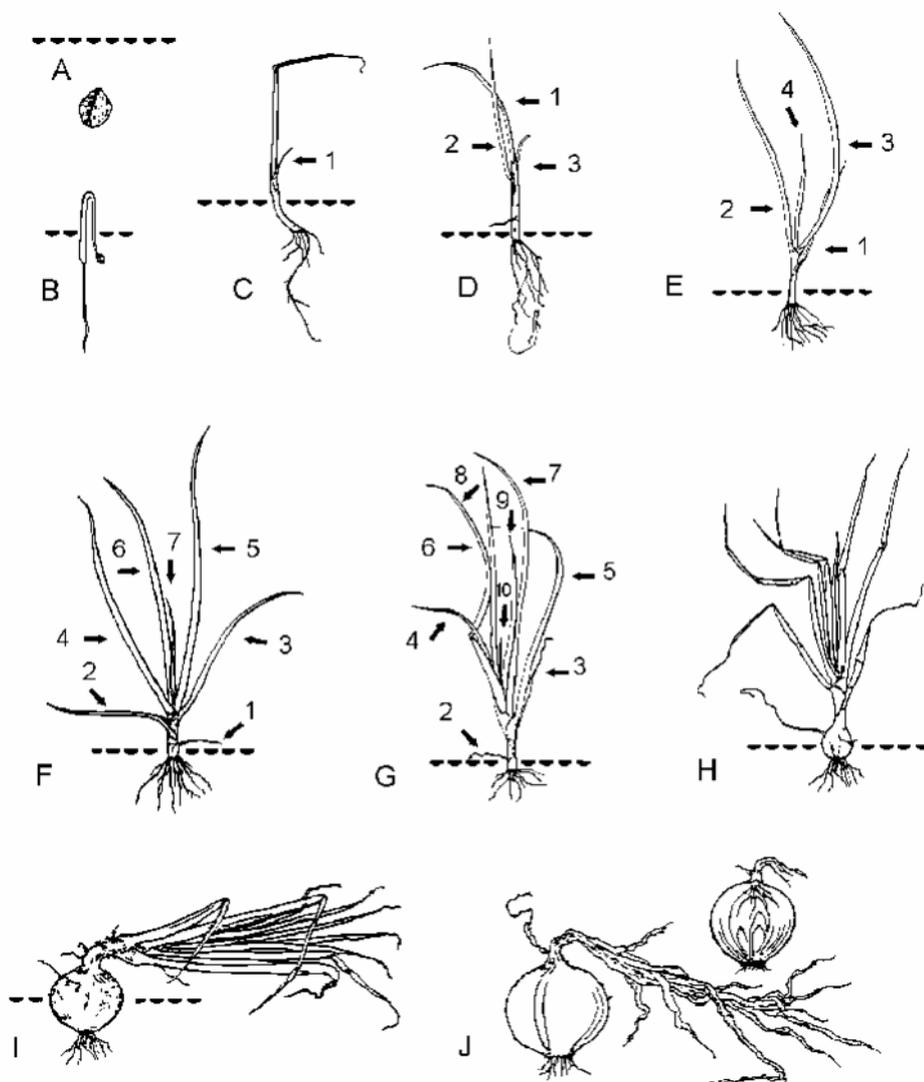


Figura 4. Fenología de la cebolla.

(A) Siembra. (B) Etapa de bastón. Después de la germinación el cotiledón aparece como gancho sobre la superficie. (C) Etapa de primera hoja "bandera". La primera hoja verdadera aparece mientras el cotiledón toma forma de látigo. (D) Senescencia del cotiledón. Después de la aparición de la segunda o tercera hoja verdadera el cotiledón se seca y cae. (E) Etapa de cuarta hoja "puerro". La cuarta hoja aparece y el cuello de la planta comienza a engrosar,

cuando la primera hoja se encoge al secarse. (F) Disminución de la primera hoja. La primera hoja se postra y la segunda comienza a descubrirse de la vaina, comienza su senescencia desde la punta, mientras la quinta, sexta y séptima hojas aparecen. (G) Inicio del bulbeo. El bulbo comienza a formarse; la segunda y tercera hojas se secan mientras la octava a la decimotercera aparecen; la planta alcanza su altura máxima. (H) Expansión del bulbo. El bulbo se expande rápidamente junto a la desecación progresiva de la cuarta a la sexta hoja. Las hojas pueden inclinarse o doblarse angulosamente, mientras disminuye su peso. (I) Caída o doblado del pseudotallo. La caña o pseudotallo comienza a estar hueco por que nuevas hojas dejan de crecer dentro de él, su tejido pierde turgencia, hay colapso foliar y pérdida de peso. El bulbo alcanza su tamaño final. (J) Maduración del bulbo. Las capas exteriores se secan, curan, y el follaje senescente se deseca completamente. (Brewster, 2001)

4.4.7. Requerimientos climáticos.

Fotoperíodo. La influencia del fotoperíodo permite dividir a las variedades en tres grupos: de día corto (10-12 h luz), intermedio (12-13 h) o largo (14 h o más). En México solamente se explotan variedades de fotoperíodo corto; al sembrar un cultivar de fotoperíodo largo no se forma completamente el bulbo y se origina un disturbio fisiológico llamado "cuello de botella". (Brewster, 2001, Valadez, 1994 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Para el crecimiento normal del sistema foliar y de la planta en general, es necesaria luz intensa. La sombra influye desfavorablemente sobre el crecimiento de las plantas y en la formación del bulbo (Guenkov, 1974)

Temperatura. La cebolla es una planta resistente al frío, es decir, es tolerante a heladas. La temperatura óptima para la germinación es de 18 a 25°C; con esta temperatura las semillas germinan entre los 7 y los 10 días. La temperatura óptima para el crecimiento de las hojas es de 20 a 23°C. en caso de cierta escasez de luz, debe considerarse como óptima la temperatura de 12-16°C. El desarrollo de las raíces empieza de 2 a 3°C y de 5 a 10°C se realiza con mucha rapidez. A una temperatura de 20°C o más el crecimiento de las raíces se demora, mientras que el de las hojas se acelera. La temperatura tiene más influencia que el fotoperíodo en determinar la formación del tallo floral; a temperaturas de 10 a 15°C y en días cortos con 9 a 12 h luz, las plantas de cebolla rápidamente empiezan a producir semillas, pero con temperaturas entre 21 y 26°C no florecen, sean días largos o cortos. (Guenkov, 1974, Casseres, 1984, Maroto, 1986 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Humedad del suelo. La cebolla es una planta que exige considerable suministro de humedad debido a su sistema de raíces poco desarrollado y de su poca capacidad de absorción. Durante la germinación y la formación del sistema de hojas, el suelo debe estar bien abastecido de agua. Durante el periodo intenso de crecimiento de los bulbos, la humedad normal facilita y mejora el funcionamiento de los sistemas radical y foliar, lo cual redundará en la formación de bulbos más grandes. En cosecha es deseable

un periodo seco para facilitar el curado de los bulbos maduros. (Guenkov, 1974 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Durante la segunda mitad del ciclo vegetativo la planta es relativamente resistente a sequías y durante el periodo de maduración necesita tiempo seco. En tales condiciones se obtienen bulbos robustos y sólidos, que se almacenan mejor. La humedad del suelo no debe sobrepasar el 80 % de la capacidad de campo, porque la cebolla no soporta suelos muy saturados. En tales condiciones las hojas se hacen más tiernas y amarillentas, y son fácilmente atacadas por enfermedades fungosas. (Guenkov, 1974)

Suelo. En lo referente a los tipos de suelo, la cebolla requiere terrenos bien preparados, fértiles y de consistencia media a ligera como son los tipos limo-arenosos, migajones, arcillo-arenosos-humíferos, ni muy secos ni muy húmedos y de fácil riego. Sólo pueden desarrollarse bien en suelos arcillosos, si éstos están convenientemente drenados. Pero resulta inconveniente porque se forma una costra en su superficie después del riego o lluvia que desfavorece la germinación de las semillas, lo cual se evita en sistemas de trasplante. (Guenkov, 1974, Casseres, 1984, Maroto, 1986, Sobrino y Sobrino, 1992, Valadez, 1994 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

El cultivo de la cebolla es preferible cultivarlo en suelos que presenten valores de pH que van desde 6.0 a 6.8, ya que en éste rango se desarrolla mejor. (Valadez, 1994)

4.4.8. PROCESO PRODUCTIVO

Preparación del Terreno. El objetivo principal de la preparación del suelo para siembra de la cebolla debe ser la eliminación de las malas hierbas y tener una buena cama de siembra para el cultivo. (Valadez, 1994)

El barbecho se debe hacer tan pronto como se coseche el cultivo anterior y a una profundidad de 20 a 30 cm, con el propósito de intemperizar la tierra y exponer los huevecillos de las plagas y las semillas de las malezas al sol, para su destrucción. Esta operación se hace con arado de discos o bien de rejas y puede accionarse con tracción animal (arado de reja) o mecánica. Posterior al barbecho deben darse uno o dos pasos de rastra con el propósito de desmenuzar los terrones y facilitar las operaciones posteriores. También es recomendable la nivelación, debido a que con ella se empareja el suelo, lo cual facilita la uniformidad en los riegos, la uniformidad en la emergencia de las plantas (en el caso de siembra directa) y se evitan los encharcamientos que son propicios para la aparición de enfermedades. (SARH, 1985)

El ancho de surco depende del sistema de cultivo de que se trate: temporal (45 a 50 cm de ancho a una hilera) y riego rodado (92 cm de ancho y plantación a doble hilera). Casseres (1984), afirma que, en México, los mejores resultados se han obtenido con espaciamientos de 62 cm entre surcos y de 5 a 10 cm entre plantas.

Descripción de la variedad.

Río Blanco Grande F₁: Es una variedad de Río Colorado Seeds, cuyo ciclo de maduración es media – tardía, produce bulbos tipo globo con buenas condiciones para el almacenamiento, con buena tolerancia a la floración, a la Pudrición Basal por *Fusarium*, *Fusarium oxisporium* f. sp. *cepae* (FBR) y es picante. Es un material con excelente adaptabilidad a climas adversos y de manejo. Se recomienda para la época de calor. Tiene una madurez relativa de 170 a 180 días. (De Carlo, 2000)

Método y densidad de siembra. Los métodos para el establecimiento del cultivo de la cebolla son la siembra directa y la plantación de bulbillos o plántula que son producidos en almácigo y que permiten mantener bajo cuidado los estados juveniles del cultivo respecto a luz, riegos, malezas y enfermedades. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

1. Siembra directa. Este método es poco usual y se utilizan de 5 a 8 kg de semilla / ha en terrenos muy bien trabajados y con una nivelación uniforme, para que los riegos sean homogéneos. (Valadez, 1994 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

2. Producción de plántula y bulbillo en almácigo. La siembra indirecta o de trasplante es la más común. El almácigo debe localizarse cerca de un abastecimiento de agua, en suelos ligeros y bien drenados. De 1.0 a 1.2 m de ancho por una longitud que puede ser de 15, 20 y hasta 100 ó 200 m de largo, con una cama de 20 a 25 cm de altura. Una semana o 10 días antes de la siembra, debe aplicarse estiércol bien descompuesto a razón de media tonelada por cama. Para la desinfección del almácigo se utiliza la solarización como se explicó en el cultivo de tomate de cáscara. Tratamientos de 3 a 6 semanas de duración han resultado eficientes. (SARH, 1985, Tapia, 1994, Valaderz, 1994, Secretaría de Economía y UACH, 2002 y Salunkhe y Kadams, 2003)

La siembra se puede realizar de dos maneras: a) al voleo, la semilla se esparce homogéneamente, lo cual permite una densidad de población uniforme, se utiliza para producción de bulbillo o plántula; y b) en surquitos de 10 cm de ancho, este método permite mayor espacio entre plántulas y facilita los deshierbes manuales. Posterior a la siembra, debe taparse la semilla con una capa de 1-1.5 cm de tierra arneada o de textura fina y cubrirse con un material que permita la retención de humedad como pajas y pasto. Se debe regar con frecuencia en forma ligera, de ser posible por la mañana o tarde; evitar los excesos de humedad y los agrietamientos. Además, se debe mantener el almácigo libre de malezas. (Secretaría de Economía y UACH, 2002 y Salunkhe y Kadams, 2003)

En la producción de bulbillos para plantaciones temporales se utilizan 2 kg de semilla distribuidas en un almácigo de 200 m², para una hectárea; los bulbillos deben estar listos antes de iniciar la temporada de lluvias, para lo cual el almácigo debe establecerse en enero-febrero y desarrollarse hasta

que se forme el cebollín o bulbillo de 2 a 2.5 cm de diámetro, que se deshidrata al sol para después trasplantarse al lugar definitivo. Evitar la aglomeración de bulbillos al momento de deshidratarlos, ya que se puede inducir podredumbre y pérdida (cocimientos) por excesos de humedad. (Secretaría de Economía y UACH, 2002 y Salunkhe y Kadams, 2003)

Trasplante. Éste debe realizarse cuando la plántula tenga de 15 a 20 cm de altura, eliminando las plántulas débiles, esto ocurre a los 60 días de edad si el almácigo se establece en Otoño-Invierno o de 45 a 50 días de edad si los almácigos se establecen en Primavera-Verano. No debe retrasarse el trasplante por lograr mayor tamaño de planta ya que la producción se reduce hasta 15 % por cada 10 días de retraso. (Secretaría de Economía y UACH, 2002 y Salunkhe y Kadams, 2003)

Un día antes de trasplantar, se deben regar los almácigos para facilitar la extracción. La planta se saca a tirones y se debe colocar en cajas, de preferencia cubiertas con un costal húmedo, evitando al máximo la exposición de las raíces al viento y al sol. No se debe mojar el follaje antes del trasplante, pues combinado con el sol puede provocar quemaduras en el mismo. El trasplante se hace en la mañana o en la tarde y el terreno donde se va a trasplantar debe estar húmedo. Se debe procurar que el trasplantador no dañe las raíces de las plántulas cuando las coloca en el suelo y que apriete el suelo sobre la raíz para evitar bolsas de aire que la secarían. Para hacer menos ardua la labor del trasplante es recomendable cortar parte de las hojas y de las raíces de la plántula. (Secretaría de Economía y UACH, 2002 y Salunkhe y Kadams, 2003)

Abonado. Ortiz, (1982) en una investigación con diferentes dosis de estiércol vacuno, concluyó que hay un efecto de la aplicación de éste en el desarrollo vegetativo de la cebolla, principalmente a partir de la aplicación de 40 ton/ ha, lo cual esta de acuerdo con Worthen, que recomienda aplicaciones de 30 – 50 ton/ha de estiércol para hortalizas. Está apreciación coincide con Barbado (2003) que recomienda de 20 a 40 ton/ha de estiércol incorporado al suelo con uno o dos años de anticipación para favorecer al cultivo. Sobrino y Sobrino, (1992), recomiendan que lo ideal es que la cebolla se siembre después de un cultivo con fuerte estercolado; pero sí no fuese así el estiércol se incorporará con la máxima antelación posible, debiendo estar totalmente descompuesto; ya que las estercoladuras recientes y frescas hacen que los bulbos tengan peor conservación y sean más propensos a enfermedades.

Riegos. La cebolla requiere de riegos ligeros y frecuentes. El máximo consumo de agua ocurre durante un periodo de 8 semanas y es de cerca de 5.1 mm de agua por día. Por lo tanto, cerca de 38 mm de lluvia o lámina de riego son necesarios cada semana para un máximo de producción. (Secretaría de Economía y UACH, 2002).

En general, el número de riegos en la cebolla depende del tipo de suelo y de la época de siembra. Si se siembra en Otoño-Invierno, el cultivo es totalmente de riego y se precisan 6 riegos en suelos arcillosos y 12 en suelos arenosos. Si la cebolla se siembra en Primavera-Verano, su cultivo puede ser auxiliado por la precipitación pluvial y estar influenciado por las temperaturas imperantes durante la época y obviamente por el tipo de suelo. (SARH, 1985 y Tapia, 1994)

Control de malezas. El control cultural de malezas se logra con escardas, de las cuales, se recomiendan de 3 a 4 con el propósito adicional de aflojar el suelo, para facilitar la respiración de las raíces de las plantas, arrimarles tierra y cubrir los bulbos dando lugar a un buen desarrollo y evitar que los bulbos que se tornen verdes por la acción de la luz y la formación de clorofila. (SARH, 1985, Tapia, 1994 y Secretaría de Economía y UACH, 2002).

Plagas y su control. Las principales plagas presentes en éste cultivo son:

Trips de la cebolla, *Thrips tabaci* Lindeman y *Frankliniella occidentalis* Pergande.

Es la plaga más importante en el cultivo de la cebolla, sobre todo en las primeras etapas de desarrollo de la planta cuando puede causar un daño irreversible. Son insectos muy pequeños (1.5 mm) de color cremoso o café que emigran de los campos durante el tiempo seco y caluroso y se multiplican rápidamente, (SARH, 1985, Ramos, 1996)

Los adultos y las ninfas chupan la savia de las hojas causando un punteado clorótico y/o plateado de los tejidos; así como la deformación de las hojas; en la cebolla hacen que las hojas se revienten, se encojan, se marchiten y se sequen desde la punta hacia abajo o que se doblen hacia abajo y se pudran; las plantas pequeñas pueden quedar destruidas, el crecimiento retardado o el tamaño del bulbo reducido. (Anaya, 1992)

Para el control de esta plaga debemos contemplar realizar monitoreos periódicos. Se pueden monitorear las poblaciones tomando 6 plantas de 4 áreas separadas en el campo de cultivo, el umbral de 30 trips por planta a media estación (bajo para plantas jóvenes y alto para plantas maduras) es usado exitosamente para cebollas de rabo y comenzar aplicaciones de Bralic, un repelente agrícola y con PHC NEEEM, un insecticida / acaricida botánico. (Secretaría de Economía y UACH, 2002 y Rosenstein, 2003)

Otras estrategias para el control de los trips de la cebolla comprenden la destrucción de los residuos del cultivo y la rotación de cultivos no hospederos; a estas medidas es importante agregar el manejo y control de malezas en y alrededor del campo cultivado; así como evitar plantar cebollas cerca de campos de producción de granos, si es posible, porque las poblaciones aumentan en los cereales en Primavera. Además, La lluvia o el riego por aspersión ocasionan disminución en las poblaciones, ya que remueven a la plaga de la planta.. (Anaya, 1992 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Alton, 1997, menciona tres tipos de enemigos naturales de los trips:

- a) parásitos (ácaros del género *Amblyseius*, familia Phytoseiidae; nematodos y avispas parásitas de orugas y huevos).
- b) predadores (escarabajos "lady" y "green lace wings") y
- c) patógenos (*Bacillus thuringiensis* y *Beauveria bassiana*).

Los cultivares de cebolla con características de crecimiento abiertas (hojas separadas desde la base) son menos atractivas a los trips porque proveen menos refugio a ellos. Algunos de los cultivares que han mostrado algo de resistencia a los trips son: Persa Blanco (White Persian), Español Dulce (Sweet Spanish), Cristal de Cera (Cristal Wax), Bermuda Amarilla (Yellow Bermuda) y Español Blanco (White Spanish). (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Minador de la hoja, *Liriomyza huidobrensis*.

Es otra plaga importante sobre todo en siembras de Primavera-Verano cuando invade toda la superficie foliar. El minador de la hoja es la larva de una mosquita de 2 mm, de color amarillo y tórax negro brillante. Este insecto introduce sus huevecillos en las hojas. De 7 a 10 días la larva se alimenta de los tejidos que están entre el haz y el envés. Allí forman galerías y cuando sus poblaciones son elevadas, seca por completo el follaje. El ciclo de vida completo del minador es de 28 a 37 días, dependiendo del clima; con varias generaciones por temporada. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Hay varios métodos de control para esta plaga, por ejemplo, existen enemigos naturales del minador tales como: avispas parasíticas y hongos entomopatógenos como *Bacillus thuringiensis*, que reducen el número de minadores. Debemos considerar el evitar la proximidad a cultivos como lechuga, apio o espinaca que también son atacadas por ésta plaga y el minador permanece en forma de pupa en el suelo. Además, se sugiere la aplicación de Bralic, repelente agrícola a base de extractos de ajo y de PHC NEEEM, que altera la conducta y la fisiología de reproducción de la plaga, causando su muerte por inanición y disrupción del aparato reproductor. (Secretaría de Economía y UACH, 2002 y Rosestein, 2003)

Otras plagas menos importantes que pueden atacar a la cebolla son: **Mosca de la cebolla**, *Hylemia antiqua* Meigen, **Gusano soldado**, *Spodoptera exigua* Hübner, **Arador del trigo**, *Eriophyes tulipae*, **Arador de la cebolla**, *Delia antiqua*, **nematodo de la cebolla**, *Ditylenchus dipsaci* Kühn, **gusano cortador**, *Agrostis subterranea*, **pulgones** de la familia Noctuidae, **ácaros del bulbo**, *Rhizoglyphus spp.* y *Tyrophagus spp.*, **araña roja**, *Tetranychus telarii*, y **falso medidor**, *Trichoplusia ni*, Hubner. (SARH, 1985)

Enfermedades y su control. Las principales enfermedades que atacan a la cebolla en nuestro país son:

Pudrición blanca, *Sclerotium cepivorum* Berk.

Es la enfermedad más importante del ajo y la cebolla. En México se encuentra el patógeno en los estados de Morelos, Puebla, México, Tlaxcala, Guanajuato y Guerrero. La enfermedad puede atacar a la planta en cualquier época de su ciclo vegetativo. Los síntomas se inician con el amarillamiento, decoloración y la muerte progresiva de las hojas, que empieza apicalmente y continúa en sentido descendente. Las plantas jóvenes pueden marchitarse y morir rápidamente. Las raíces y las zonas basales de las escamas y el bulbo son atacados por el hongo que hace su aparición en forma de un micelio superficial, abundante, blanco y esponjoso. Una podredumbre semiacuosa destruye las raíces y las escamas. A partir del micelio algodonoso aparecen como embebidos en los tejidos en descomposición, esclerocios de color blanquecino, que luego se tornan cafés y finalmente negros. Si los bulbos se infectan al final de su desarrollo, durante la cosecha solo aparecerá una pudrición incipiente que posteriormente desarrollará en el almacén. (Anaya, et al, 1992, Delgadillo, et al, 2000 y Lara, 2002)

La escala de temperaturas para el desarrollo oscila en 6° y 30°C con un óptimo entre 20° y 24°C; la germinación de esclerocios, la infección y el desarrollo se presenta entre los 15 y 20°C. A temperaturas de 24°C y superiores las plantas permanecen sanas, incluso en suelo muy infectados. Asimismo con temperaturas de 5 a 10°C la enfermedad disminuye. Al detectar las primeras plantas con síntomas de pudrición blanca, éstas y las de alrededor se deben remover y quemar inmediatamente (no enterrarlas). Además debe realizarse un barbecho profundo e incorporar materia orgánica. Cualquier suelo infestado no deberá ser cultivado con especies del género *Allium* por lo menos en ocho años; la rotación incluye cultivos como el maíz y el trigo, que al parecer no son afectados por el hongo. Además la rotación con crucíferas y la incorporación de residuos de plantas como brócoli disminuyen hasta 60% el número de esclerocios en el suelo. (Anaya, et al, 1992, Delgadillo, et al, 2000 y Lara, 2002)

La cobertura del suelo con plásticos transparentes (solarización) reduce las poblaciones de esclerocios al elevar la temperatura en las capas superiores. Los esclerocios pierden su viabilidad con exposición por 4 días a 36°C o por 10 min a 48°C, sin embargo, los esclerocios existentes a 20-30 cm de profundidad y son capaces de causar infección e incrementar su densidad. (Anaya, et al, 1992 y Delgadillo, et al, 2000)

Para el control de esta enfermedad existe un fungicida biológico, Contans WG, cuyo ingrediente activo es el hongo *Coniothyrium minitans*, que invade y destruye esclerocios de *S. cepivorium* en el suelo. (Rosenstein, 2003)

Mancha púrpura, *Alternaria porri* (Ell.) Clif.

El patógeno causante de esta enfermedad se ha detectado en Morelos, Oaxaca, Guanajuato, Zacatecas, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Estado de México, Puebla y Tamaulipas. (Anaya, et al, 1992 y Lara, 2002)

Las infecciones primero aparecen como pequeñas manchas foliares acuosas que se tornan blancas o necróticas y que después se rodean de manchas púrpuras con orillas amarillas que se extienden de arriba hacia abajo. La esporulación sobre estas lesiones resulta en la formación de zonas oscuras formadas por masas superficiales de esporas (conidios) del hongo. Además, los bulbos quedan pequeños y en estos se observa una pudrición semiacuosa. (Anaya, et al, 1992 y Lara, 2002)

Para el control de la mancha púrpura, es conveniente destruir los residuos de cosecha y bulbos podridos y hacer un plan de rotación de cultivos, mejorar el drenaje del suelo y reducir la densidad de población. (Anaya, et al, 1992 y Lara, 2002)

Además, hay otras enfermedades de importancia secundaria, entre las cuales se encuentran: **Mildiú de la cebolla**, *Peronospora destructor* (Berk.) Casp. **tizón del follaje**, *Botrytis squamosa* J. C. Walker, **pudrición basal**, *Fusarium oxisporum f. sp cepae*, **piel ácida**, *Pseudomonas cepacea*, **roya de la cebolla y el ajo**, *Puccinia porri* Sow, **raíz rosada**, *Pyrenochaeta terrestris* Hans, **tizón de la hoja**, *Stemphylium vesicarium* y **moho negro**, *Aspergillus niger* Van Tieghem. (Lara, 2002 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Cosecha.

La cosecha se puede realizar antes de que termine el crecimiento vegetativo de la planta o después del doblado de pseudotallos, dependiendo de la presentación a manejar: Existen dos presentaciones de cebolla para el mercado:

Cebolla de rabo. La cebolla aún está tierna con buen desarrollo de bulbo y follaje fresco, antes o después de que cese su crecimiento, es la presentación que mayormente se utiliza en las regiones productoras de Michoacán y Guanajuato.

Cebolla bola, de moche o rebotada. La planta está en su punto de cosecha cuando el follaje se dobla por razón natural o inducida en un 50 % o más, entonces se aflojan los bulbos con rejas, cuchillas o manualmente, se enchufan o inmediatamente se les cortan rabos (hojas) y raíces, se clasifican por tamaños y se arpillan. (SARH, 1985, Meneses, 1997 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

4.4.9. Valor nutritivo

La pungencia en la cebolla se refiere al sabor picante y al aroma fuerte que le son característicos, causados por un agente volátil llamado disulfuro de alil propilo ($C_6H_{12}S_2$). La cebolla tiene una composición nutritiva similar a otras hortalizas, alto contenido de agua y bajo porcentaje de materia seca (8 a 10 %, y hasta más del 20 % en cebollas para deshidratado), carbohidratos, proteínas y lípidos. Su composición nutritiva, se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Composición nutritiva (100 g⁻¹) de la cebolla

Componente	Cebolla cruda	Cebolla cocida
Agua	91.00 %	92.00 %
Carbohidratos	7.50 g	6.19 g
Proteínas	1.25 g	0.95 g
Lípidos	Trazas	Trazas
Calcio	25.00 mg	27.14 mg
Fósforo	28.75 mg	22.86 mg
Hierro	0.38 mg	0.19 mg
Potasio	155.00 mg	151.90 mg
Sodio	1.88 mg	8.10 mg
Vitamina A	---	---
Tiamina	0.06 mg	0.04 mg
Riboflavina	0.01 mg	0.01 mg
Niacina	0.13 mg	0.10 mg
Ácido ascórbico	8.13 mg	5.71 mg
Valor energético	34.38 cal	28.57 cal

Fuente: Secretaría de Economía y UACH, 2002.

4.5. EL CULTIVO DE CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annum* L).

4.5.1. Origen.

El chile, es originario de América del Sur, concretamente de los Andes y la Cuenca Alta del Amazonas, que actualmente son parte de Perú y Bolivia principalmente y pequeñas porciones de Argentina y Brasil, desde donde se expandió al resto de América Central y Meridional. Comprende cinco especies, a saber:

1. *Capsicum annum* L. Es la especie domesticada en Mesoamérica, concretamente de México y Guatemala.
2. *Capsicum baccatum* L: var. *Pendulum*. Está ampliamente difundido a través de las regiones bajas tropicales en Sudamérica (Perú y Brasil). Son los chiles sudamericanos del grupo de los ajíes.
3. *Capsicum chinense* Jacq. Es la especie originaria de la parte tropical ubicada al norte de la Amazonia y es mejor conocidos como habanero y tipos parecidos.
4. *Capsicum frutescens* R. y P. Son los chiles tipo Tabasco y originarios de la parte baja de Sudamérica.
5. *Capsicum pubescens* L. Es una especie andina que incluye a los chiles tipo manzano.

La palabra "chile" es una variación del Náhuatl "chil", la cual refiere a plantas ahora conocidas dentro del género *Capsicum*. El agregado de la letra "e" al término náhuatl "chil" es la palabra españolizada chile. Cristóbal Colón en uno de sus viajes lo llevó por primera vez a Europa. Al principio fue difundido en España y Portugal; más tarde gradualmente pasó a casi todos los países europeos y

posteriormente fue llevado a África y Asia. (Guenkov, 1974, Laborde y Pozo, 1984, Maroto, 1986, Valadez, 1994)

La especie *Capsicum annum* se considera originaria de México, como antecedentes se tienen reportes de restos arqueológicos encontrados en el Valle de Tehuacan, Puebla y en Ocampo, municipio de Mante, Tamaulipas que datan de 7,000 y 5,000 años A. C., respectivamente, por lo que se ha especulado que el chile pudo haber sido el primer cultivo domesticado en Mesoamérica. (Laborde y Pozo, 1984, Valadez, 1994)

4.5.2. Importancia.

México es uno de los 5 productores de chile más importantes del mundo, siendo *Capsicum annum*, la especie cultivada más importante. También se produce *C. chinense* conocido como habanero" que se cultiva en la península de Yucatán y *C. pubescens*, llamado "perón" o "manzano" que es producido solamente en algunas regiones altas y frías de México. El 80% de la producción nacional de chile se consume internamente, lo que determina su importancia como alimento, ya que, además de poseer minerales y vitaminas, es un condimento que está presente en la mayoría de los platillos mexicanos. Los chiles de mayor importancia por su área sembrada y volumen de producción son el jalapeño, puya o guajillo también llamado mirasol, ancho, serrano, pasilla y habanero. Además existe un gran número de chiles regionales con alta aceptación local, por ejemplo: de agua, skatic, chilpayas, pico de pájaro, soledad, serranito, de árbol, rayado, perón o manzano, coras, entre otros. (Gómez, 2004 y SIAP, 2004)

Con respecto al chile jalapeño (*Capsicum annum* L.); en el año 2003 se cultivó en 19 Estados de la República con un área sembrada de 15,391 ha y una producción de 229,509 toneladas. Por su volumen de producción, destacan los estados de Chihuahua con 101,450 ton, Campeche con 27,860 ton, Michoacán con 22,837 ton, Colima con 19,102 ton y Chiapas con 17,036 ton. Referente a la producción orgánica de éste cultivo, únicamente hay referencias de chile verde sin especificar el tipo, ubicándose en Baja California y Baja California sur con una superficie cosechada de 11 ha y una producción de 249 ton en ese mismo año. (SIAP, 2004) (ver anexo)

4.5.3. Usos.

El chile es un ingrediente esencial en la comida Mexicana, en la creciente comida rápida en Estados Unidos y Europa, así como en la de Centro y Sudamérica. Sus frutos se utilizan por su sabor y pungencia en diversos platillos: chiles anchos para relleno, anchos, pasillas y mulatos para elaborar moles, guajillo para elaborar diversos guisos, jalapeño y serrano para chiles encurtidos, serrano en fresco para el "pico de gallo", y pimiento morrón como aderezo y otros platillos. Además sirven como complemento en forma de salsas y ensaladas. Existen especies que son empleadas tanto para producto fresco, en polvo, encurtido y deshidratado. Además, se agregan nuevos usos al chile, ocultos en productos

manufacturados, como saborizante de comidas, agente colorante, ingrediente farmacéutico y otros usos como repelentes y plantas de ornato. La propiedad colorante del chile se atribuye a carotenoides como la capsantina. Con respecto al chile jalapeño, se estima que el 60% de la producción va a la industria de encurtidos, el 20% se consume en fresco y el 20% restante se utiliza en la elaboración del chipotle para el cual son preferibles los chiles jalapeños con un alto grado de corchosidad, como lo son el meco y el típico. (Valadez, 1994 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

4.5.4. Taxonomía.

La especie *C. annum*, tiene la clasificación taxonómica siguiente:

Reino: Plantae.

División: Magnoliophyta.

Clase: Magnoliopsida.

Orden: Solanales.

Familia: Solaneceae.

Género: *Capsicum*

Especie: *annuum*. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

4.5.5. Descripción de los subtipos de chile jalapeño.

El jalapeño es un chile picante; sus frutos son firmes, aromáticos, de buen sabor y de aspecto atractivo por lo cual tiene muy buena aceptación en el mercado, tanto nacional como en el extranjero. Por las características del fruto y el hábito de crecimiento de las plantas se han definido cuatro subtipos de chile jalapeño: el típico, el candelaria o peludo, el espinalteco o pinalteco, el morita y los cultivares americanos, los cuales se describen a continuación:

a) El típico, también conocido como rayado, acorchado, gordo, tres lomos, San Andrés, chile de agua, etc., tiene plantas compactas, no más altas de 65 cm, las cuales pueden presentar dos hábitos de crecimiento; el de horqueta (tipo arbolito) y el de cuatro ramas; en esta forma de crecimiento las cuatro ramas son largas y crecen en forma de cruz, las cuales pueden estar en posición vertical u horizontal. Las plantas son glabras, sin o con escasa pubescencia de los ápices y producen dos o tres cosechas. El fruto es cónico, de forma cilíndrica; mide de 4 a 8 cm de largo y 3 a 5 cm de ancho, con corchosidad intermedia (de 30 a 60%) en la superficie del fruto y 3 a 4 lóculos con pericarpio grueso (0.4 a 0.6 cm de espesor) el cual da una buena consistencia. Este subtipo es el que tiene mayor aceptación comercial, en especial, para la industria enlatadora. Una variante de este subtipo, denominada meco, tiene un alto grado de corchosidad (de 80 a 100%) tanto en el sentido transversal como en el longitudinal. (Laborde y Pozo, 1984 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

En la cuenca baja del Río Papaloapan se siembra de septiembre a enero y se cosecha de diciembre a marzo. Los meses de enero y febrero son los de mayor actividad en el campo. (Laborde y Pozo, 1984 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

b) El peludo, también conocido como *candelaria* y como *cuaresmeño*, tiene una planta de porte alto, muy vigorosa y con alturas que varían de 1 a 1.50 m; tiene abundante pubescencia en tallos y hojas. La planta es de crecimiento tardío y de producción escalonada, produciendo seis o más cortes cuando se siembra bajo condiciones de humedad residual; es susceptible a los excesos de humedad. El fruto es de forma alargada y cuerpo angular, de 6 a 9 cm de longitud por 3 a 4 cm de ancho; tiene 3 o 4 loculos, con un pericarpio grueso (0.5 cm de espesor). El fruto es liso y cuando tiene corchosidades, éstas no exceden del 20% de la superficie del mismo. En los municipios de Tecolutla, Nautla, Papantla, Cazones y Tlaxiahuatlán, en el norte de Veracruz, la cosecha se hace en los meses de mayo a agosto, siendo mayo y junio los de mayor producción. Los frutos de este subtipo se destinan en su mayor parte, al mercado en fresco. (Laborde y Pozo, 1984 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

c) El espinalteco llamado también pinalteco, es otro subtipo con plantas de porte intermedio, de 70 a 80 cm de altura, siendo éstas precoces, con una producción concentrada, dando solamente dos cosechas. Los frutos son largos, delgados y con ápice puntiagudo; tienen una longitud de 6 a 9 cm y un ancho de 2.5 a 3 cm. Forman dos a tres loculos, con pericarpio delgado, menos de 0.4 cm. Los frutos son lisos o bien, presentan poca corchosidad (menos del 15% de la superficie). Este subtipo es sensible a la sequía y se adapta a las siembras de temporal y bajo condiciones de ladera, por ejemplo en los municipios de Papantla, Espinal, Tlaxiahuatlán, Coyutla, Martínez de la Torre y Coazintla, Ver., en donde otros subtipos difícilmente prosperan. (Laborde y Pozo, 1984 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

d) El morita, también llamado "bolita", tiene plantas de 70 cm de altura, las cuales crecen en forma de arbolito, con crecimiento de horqueta. Los frutos son redondos o cónicos, de 3 a 4 cm de largo por 2 a 3 de ancho. Tienen pericarpio grueso y son lisos, sin corchosidad en la superficie. Dentro del tipo de chile jalapeño, este subtipo es el de menor aceptación comercial. (Laborde y Pozo, 1984 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

e) Cultivares americanos. En la región de Delicias, Chihuahua se siembran variedades comerciales de chile jalapeño pero que, en realidad, no son subtipos del mismo. En particular, se siembran dos cultivares provenientes de los Estados Unidos de Norte América, los cuales han tenido buena adaptación en esa región y su producción ya ha adquirido importancia comercial. Se trata de los cultivares

jalapeño "M. Americano" y "Early jalapeño", los cuales "pican" al paladar pero no tienen el sabor típico del jalapeño y por tal razón, son objetados en la industria mexicana, pero son exportables a los Estados Unidos. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

4.5.6. Descripción botánica.

El chile es una planta anual herbácea. La altura promedio de la planta es de 60 cm, pero varía según el tipo y/o especie de que se trate. Esta es una planta autógama, con 12 pares de cromosomas ($2n=24$) (Maroto, 1986 y Valadez, 1994)

Raíz.

Tiene un sistema radicular pivotante y profundo que puede llegar hasta 70-120 cm, provisto y reforzado de un número elevado de raíces adventicias, y lateralmente se extienden hasta 120 cm de diámetro alrededor de la planta. La mayor parte de las raíces está situada a una profundidad de 5 – 40 cm en el suelo. (Maroto, 1986)

Tallo.

El tallo es cilíndrico o prismático angular, de crecimiento limitado y erecto, con un porte que en término medio puede variar entre 0.5 y 1.5 m. Cuando la planta adquiere una cierta edad, los tallos se lignifican ligeramente. (Guenkov, 1974 y Maroto, 1986)

Hojas.

Hojas lampiñas, enteras, ovales o lanceoladas con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo y poco aparente. (Maroto, 1986 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Flor.

Las flores son hermafroditas, frecuentemente se presentan con 6 sépalos, 6 pétalos y 6 estambres. El número de los órganos florales oscila de 5 – 7. El ovario es súpero, frecuentemente di o trilobular y el estigma usualmente se encuentra a nivel de las anteras, lo cual facilita la autopolinización. (Guenkov, 1974)

Las flores poseen la corola blanquecina y a veces púrpura, aparecen solitarias en cada nudo y son de inserción aparentemente axilar. Su fecundación es claramente autógama. (Guenkov, 1974, Maroto, 1986 y Valadez, 1994)

Fruto.

El fruto es una baya semicartilaginosa y deprimida; se puede insertar pendularmente, de forma y tamaño muy variable. El color verde de los frutos se debe a la alta cantidad de clorofila acumulada en las

capas del pericarpio. Los frutos maduros toman color rojo a amarillo debido a los pigmentos licopercisina, xantofila y caroteno. (Maroto, 1986, Valadez, 1994 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Semilla.

Las semillas, redondeadas y ligeramente reniformes, suelen tener 3 – 5 mm de longitud, se insertan sobre una placenta cónica de disposición central, y son lisas sin brillo y de un color amarillo pálido. Un gramo pueden contener entre 150 y 200 semillas y el poder germinativo de las semillas frescas, generalmente es de 95-98% y se mantiene durante 4-5 años si las condiciones de conservación son favorables. (Guenkov, 1974 y Maroto, 1986)

Descripción de la variedad.

M. Americano. Ésta variedad tiene plantas erectas, con una altura aproximada de 75 a 85 cm y un tallo principal bien diferenciado el cual se bifurca en dos ramas primarias que, a su vez, se dividen en dos secundarias y así sucesivamente. Las plantas no presentan pubescencia en ramas ni hojas; la floración ocurre de 80 a 120 días después de la siembra y la cosecha, entre los 120 y 140 días. Los frutos son de forma alargada, de 8 cm de largo por 2 a 5 cm de diámetro; tienen tres loculos grandes lo cual reduce la consistencia del fruto; el pericarpio es delgado (0.4 cm de espesor). No hay corchosis, la superficie es lisa y de un color verde intenso. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

4.5.7. Requerimientos climáticos y edáficos del cultivo.

Temperatura. El chile se considera como una planta de día corto y es altamente sensible a temperaturas bajas. La temperatura más apropiada para el cultivo se estima de 20 a 27°C en el día y de 15 a 17°C por la noche. La germinación y crecimiento de la plantula se da bien entre los 13 a 30°C; por debajo de los 13° C, la germinación es lenta, mientras que a 21° C la semilla logra germinar a los 12 días y a 25° C en 8 días. Temperaturas sobre 32°C en el día y 15°C durante la noche, afectan el amarre de las flores encontrándose su óptimo entre 16 a 21°. Las flores abren normalmente por un período de 24 a 30 horas, por lo tanto, períodos cortos de condiciones adversas pueden influenciar en el cuaje de las flores. (Guenkov, 1974 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Humedad. El chile se adapta de 0 a 2500 metros sobre el nivel del mar. Con excepción del *C. pubescens*, el resto de las especies de chile son exigentes a clima cálido y seco, en regiones donde las precipitaciones varían entre los 600 y los 1250 mm. Un exceso de humedad retrasa la maduración, reduce el contenido de sólidos y si además es acompañado con disminución de las temperaturas también reduce la intensidad del color, que demerita su valor en la cosecha. (Guenkov, 1974, y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Suelos. El chile prefiere suelos de textura franca o franco arcillosa, que tengan buen drenaje interno y externo. Los suelos arenosos y ligeros ayudan a acelerar la producción y por consiguiente son apropiados para la producción temprana; pero las tierras arcillosas ricas en calcio son las preferidas. Se adapta bien a suelos con pH entre 5.5 a 7.5. (Guenkov, 1974 y Valadez, 1994)

4.5.8. Proceso productivo.

Preparación del suelo.

Antes de pensar en una siembra de chile, es necesario tener un historial anterior del terreno para determinar que no se haya sembrado una planta de la familia de las solanáceas (jitomate, tomate, berenjena, papa, entre otras), y de que no hayan quedado residuos de cosechas anteriores, porque esto representa un foco potencial de infección por enfermedades para el cultivo. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Para realizar la preparación del suelo debemos considerar la humedad del suelo para facilitar las labores y que no queden terrones en el suelo e impidan el buen desarrollo del cultivo. Las actividades contempladas en la preparación del terreno incluyen:

1. Barbecho. Hay que realizar una pasada profunda de arado (30 a 35 centímetros). Si el arado que se usa es de discos, hay que arar el terreno en forma circular, para evitar las alteraciones en la topografía del terreno, tratando de llenar la zanja que resulte al final de la aradura, con el mismo equipo. En caso de usar arados de vertedera para la preparación del terreno, debe de tomarse en cuenta el tipo de vertedera. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

En siembra bajo riego por gravedad es importante que la aradura se haga en la dirección que corre el agua, para evitar dañar los niveles de riego, por alteraciones topográficas que se cometen al efectuar las araduras de los terrenos. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

2. Rastro. El rastro debe efectuarse días o semanas después del barbecho. Para conseguir un suelo bien trabajado, son necesarios dos o más pasos de rastra, hasta conseguir que el suelo quede bien mullido y suelto. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

3. Nivelación. Para mejorar la superficie del terreno, es necesario hacer una nivelación usando la tecnología mediante un paso de niveladora láser o un método tan tradicional como lo es un marco nivelador (un marco de cuatro renglones cuadrados o labrados, de madera de roble o durmientes de pino, con protección de metal en las cuatro esquinas). A dicho marco se amarra un cable (o cadena), por medio del cual va a ser tirado y/o arrastrado por el tractor dando los pasos que sean necesarios, tomando muy en

cuenta que la última pasada se debe hacer en dirección contraria a la pendiente del terreno, con el fin de no alterar el trazo de los surcos de riego. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

4. Surcado. Posterior a la nivelación se efectúa el surcado, el cual consiste en el trazo de surcos en dirección a la pendiente; un surco tipo es aquel que tiene una distancia entre surcos de 1 a 1.2 m y una altura que varía de 30 a 50 cm. (Valadez, 1994 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Método de siembra. En cuanto a la siembra, a nivel comercial se utilizan principalmente almácigos, ya sea a campo abierto o en invernaderos. La siembra directa no es usual, y se recomienda utilizar una dosis de siembra de 2 a 3 kg de semilla por hectárea, cuando se utiliza ésta forma de siembra. (Valadez, 1994)

En el sistema de siembra por transplante, se recomienda programar la preparación de almácigos 30 a 45 días antes de ejecutar el transplante al campo definitivo, para lo cual se prepara un área de terreno en óptimas condiciones, para la germinación y desarrollo de las plántulas. Este sistema permite un mejor control de las condiciones ambientales tales como: la temperatura, humedad (riegos), prevención del ataque de plagas (utilizando mallas apropiadas), manejo adecuado del sistema de siembra (semilla por semilla) y selección de plántulas al momento de transplante. (Valadez, 1994 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Es recomendable hacer los almácigos en terrenos o lugares diferentes al campo definitivo, con el objeto de evitar focos de contaminación. En la preparación del almácigo es conveniente remover la tierra a una profundidad de 30 centímetros, como mínimo para cuidar que no queden terrones que obstaculicen la germinación de la semilla y que el suelo esté ligeramente húmedo. El almácigo, debe tener las siguientes dimensiones: 1.20 m de ancho, 10 a 15 m de largo y 20 a 30 cm de alto, aunque esto dependerá del área a sembrar. La densidad de siembra y el área del almácigo va a depender de la variedad de chile. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Para la desinfección de los almácigos, aunque existen varios productos químicos como Bromuro de Metilo y Basamid granulado para la desinfección, es recomendable utilizar un método físico como la solarización para la desinfección del suelo por económico. La solarización consisten en regar el almácigo y cubrirlo con un plástico transparente o claro de 1-1.5 mm, sellado con tierra toda la orilla; para que el suelo alcance de 10 a 20°C más que lo normal, lo cual resulta en la muerte de patógenos, insectos, nematodos y semillas de malezas. Un tratamiento de 30 o 40 días resulta eficaz. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Para la siembra, se hacen surcos de 10 a 15 cm de distancia a lo ancho del almácigo mediante la utilización de una horqueta de madera, un gancho, el mismo dedo u otro objeto, y se coloca la semilla tratando de que quede separada a un centímetro una de la otra, es decir que se tienen que dejar de 80 a

100 semillas por cada surco. Después se procede a taparlas con una capa ligera de suelo suelto. Luego se cubrirá el semillero con materiales tales como: paja, zacate, u otros que se tengan a la mano, con la finalidad de que el sol no las vaya a deshidratar. Es importante regar el almácigo un día antes de efectuar la siembra. La siembra puede realizarse, también al "voleo" distribuyendo uniformemente la semilla, aunque hay problemas para combatir las malas hierbas en éste caso. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Las plántulas germinan entre 4 a 7 días dependiendo del vigor de la semilla, temperatura del suelo y la profundidad a que fue sembrada la semilla. Para evitar o prevenir el ataque de insectos, que provocan daños de consideración en la fase de almácigo, tales como: mascaduras o cortaduras de los tallitos de las plántulas y transmisión de enfermedades virosas, se sugiere la protección de almácigos con mallas finas. Además, se debe eliminar la maleza que vaya emergiendo. (Guenkov, 1974 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

El almácigo debe mantenerse ligeramente húmedo, por lo que hay que realizar los riegos a diario y especialmente en horas frescas, por la mañana o por la tarde, con el propósito de que no se queme o reseque el almácigo. El riego se suspende desde una semana hasta 10 días antes del trasplante, con la finalidad de que las plantas se endurezcan y soporten mejor los daños del trasplante. Se debe dar un riego adecuado el día del trasplante, para facilitar el arranque de las plantas y evitar dañar el sistema radicular. (Guenkov, 1974 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Trasplante. Las plantas deberán trasplantarse de los 45 a 55 días después de la siembra. En este lapso de tiempo tendremos una planta de buena calidad, con un bien desarrollado sistema foliar (entre 4 a 6 foliolos), un tallo corto y grueso (de 5 a 7 mm de diámetro) y una altura de 15 – 16 cm. Es conveniente proteger las plántulas hasta que tengan 30 cm de altura y tengan un buen desarrollo y vigor para poder soportar los ataques de plagas y de enfermedades en el campo. (Guenkov, 1974, Valadez, 1994 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Sistema de siembra. Normalmente el sistema utilizado en México es en surcos y por lo general se realiza mediante un trasplante. Para las regiones de la Mesa Central, la distancia entre surcos debe ser de 92 cm entre surcos y de 25 a 30 cm entre plantas, en hileras sencillas, para los tipos de chiles que se producen en la región. (Pozo, 1983)

Manejo agronómico del cultivo. Dentro de este apartado se contemplan:

1. Riegos. Los riegos en este cultivo se deben de realizar periódicamente con el fin de mantener húmeda a la planta, recordemos que la turgencia del fruto depende en gran parte de la disponibilidad de

agua que se tenga. Es recomendable realizar los riegos en lapsos de 20 a 30 días, evitando así estrés hídrico en la planta y tengamos los mejores rendimientos. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

2. Abonado. El chile reacciona muy bien con el abonado de fertilizantes orgánicos, por lo que se recomienda abonar con materia orgánica durante la preparación del terreno. Barbado, (2003), afirma que el chile requiere bastante materia orgánica (estercoladuras de 20 toneladas o más), opinión que coincide con Salunkhe y Kadams (2003), que recomiendan incorporar al suelo entre 10 y 20 toneladas de estiércol descompuesto de establo por hectárea antes de trasplantar. Sin embargo, Rajput y Wagh (1993) citados por los autores anteriores, observaron que una aplicación equilibrada de estiércoles orgánicos y fertilizantes inorgánicos es esencial para aumentar al máximo el rendimiento del chile verde y mejorar su calidad de almacenamiento. Esta última observación, coincide con un estudio de la Secretaría de Economía y la Universidad Autónoma Chapingo, 2002, que recomiendan abonar con materia orgánica (50 ton. por año) durante la preparación del terreno, para posteriormente complementar con una dosis de 200 Kg. de nitrógeno; 160 Kg. de P_2O_5 ; 100 Kg. de K_2O por hectárea. La fertilización debe hacerse, colocando todo el fósforo y el potasio con un tercio de la dosis del nitrógeno a la siembra, para después en dos o tres aplicaciones poner los dos tercios restantes de nitrógeno.

3. Control de malezas. La competencia de las malezas en chile reduce grandemente el rendimiento, especialmente cuando se produce durante los primeros 60 días. El control de malezas puede hacerse mediante escardas al cultivo o manualmente con el uso de azadones o cualquier tipo de herramienta adaptada para este fin. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

4. Aporque. Esta labor se lleva a cabo a las tres semanas de efectuado el transplante. Se recomienda que esta práctica se haga profundamente para que los surcos queden altos, disminuyendo así la incidencia de enfermedades como *Phythoptora*. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

5. Plagas y su control. En México, hay dos plagas principales en éste cultivo: el picudo del chile y la mosquita blanca, pero la principal plaga que ataca al cultivo del chile en las diferentes regiones productoras del país y que se ha consolidado como el problema número uno es el picudo del chile. Las plagas son descritas a continuación:

Picudo del chile, *Anthonomus eugenii* Cano.

El adulto mide de 2.5 a 3.0 mm de longitud, su color va desde gris a negro brillante o café rojizo; las antenas y patas son rojizas, con pubescencia de color café amarillento; el cuerpo normalmente está cubierto por una pubescencia densa que por la disposición que guarda puede describir líneas blanquecinas sobre la superficie dorsal. El pico es recurvado y ligeramente más largo que la cabeza y el

tórax. La larva es curvada, robusta, apoda, de 4.5 a 5 mm de longitud y con asperezas inconspicuas sobre la superficie del cuerpo; la cabeza tiene una coloración amarillo claro; más ancha que larga y claramente redondeada hacia los lados. (Anaya, et al, 1992)

Los daños a la planta lo provocan tanto el adulto como la larva, pero el mayor daño lo causa la forma larvaria, porque causa malformaciones en semillas y cotiledones, además de que hace túneles en la pared del fruto, provoca amarillamiento, maduración prematura, caída y pudrición de los frutos. (Anaya, et al, 1992)

En el manejo de esta plaga es conveniente realizar muestreos dos veces por semana de adultos con la ayuda de trampas con cebos a base de feromonas, para detectar el inicio de la infestación en los alrededores del lote, donde generalmente la plaga inicia su ataque. La colocación de las trampas deberá ser inmediatamente después del trasplante del cultivo. En el momento de localizar la presencia de los primeros adultos en las trampas, se deben utilizar insecticidas biológicos a base del hongo *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, que se pueden adquirir con los nombres comerciales de Bea-sin, Naturalis L y Meta-sin. Los hongos entomopatógenos al formar una cubierta sobre las hojas permanecen latentes por un período de 4 a 8 días. En este lapso pueden penetrar al insecto por sus partes menos esclerosadas o por sus coyunturas. Estos organismos para permanecer activos requieren de una humedad relativa entre 45 y 50%, pero si encuentran de un 70 a 80% se vuelven más agresivos contra la plaga. Además es útil la utilización del insecticida biológico Bralic que actúa como repelente agrícola. También es recomendable la utilización de extracto del árbol de neen (*Azadirachta indica*) y infusiones a base de extractos de ajo. (Alvarado, 1998, Camacho, 1999 y Rosenstein, 2002)

Mosca blanca, *Bemisia tabaci* Gem.

Es considerada como una de las especies más importantes y perjudiciales en el cultivo de las solanáceas. Las altas infestaciones que se presentan en estos últimos años, probablemente se deban al uso indiscriminado y mal uso de los insecticidas, que no sólo destruyen la fauna benéfica, sino que también pueden estar generando resistencia por parte del insecto a los insecticidas empleados. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Los adultos son de actividad diurna, especialmente en horas de mayor luminosidad. La hembra, oviposita en forma individual, o en grupo en el envés de las hojas jóvenes y con el pedicelo del huevo insertado en la epidermis, cubiertos por cera. Los adultos se localizan preferentemente en el envés de los brotes de las hojas. Después de la eclosión, el estadio larval móvil se desplaza una distancia muy pequeña, fija su pieza bucal e inicia su alimentación succionando la savia del envés de la hoja. Cuando la población es muy alta, ocasionan amarillento de las hojas, retraso en el crecimiento y decaimiento generalizado, además de una significativa reducción de los rendimientos. Durante el proceso de

alimentación, secretan una sustancia azucarada que favorece el desarrollo de la fumagina, la que a su vez impide que la actividad fotosintética sea normal. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Los cultivos trampa contribuyen a monitorear las poblaciones de estas plagas. El control se fundamenta en las aplicaciones de jabones agrícolas (ácidos grasos) ya que estas plagas son insectos de cuerpo blando, y los jabones agrícolas disuelven su capa cerosa. En ocasiones provocan la deshidratación del insecto y por otra parte los asfixia al cerrar los espiráculos. Además se sugiere la liberación de los parasitoides *Encarsia formosa* y *Eretmocerus sp.* en los drenes y canales durante el ciclo agrícola. Ambos mecanismos pueden contribuir ampliamente a la muerte de estas plagas. También, existe un insecticida botánico, Protector 90, derivado de un aceite concentrado de semilla de soja que asfixia a la mosquita blanca. Otra alternativa de control es mediante la aplicación de repelentes a base de extractos de ajo como: Garlic Barrier y Bralic (Alvarado, 1998 y Rosestein, 2002)

Dentro del grupo de plagas secundarias, se incluyen aquellas plagas que se presentan sólo ocasionalmente, o bien, cuya aparición es el resultado de un manejo inadecuado por el uso excesivo de insecticidas. En este grupo se encuentran: **el minador de la hoja**, *Liriomiza sativae*, **el gusano del fruto**, *Helicoverpa zea* y *Helicoverpa virescens*, **el gusano soldado**, *Spodoptera exigua* Hübner, y varias especies de **pulgones**, principalmente *Myzus persicae* Sulzer. (Alvarado, 1998 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

6. Enfermedades y su control. Por su importancia económica el principal problema fitosanitario en la producción de chiles son las virosis, seguidos por las enfermedades causadas por hongos y por último las bacterias. La marchitez del chile es en el ámbito nacional el principal problema del cultivo y el responsable de la disminución de los rendimientos hasta en un 40%. Sin embargo, en los últimos años la magnitud de las enfermedades virósicas, es similar a ésta enfermedad e incluso en algunas regiones el problema es mayor. (Pozo, 1983 y Gómez, 2004)

6.1. Virus. Las enfermedades virósicas en Chile pueden ser de carácter letal y cuando no lo son, generalmente reducen el vigor de la planta, al igual que el rendimiento. Existen 35 tipos de virus que atacan al cultivo específicamente, sin embargo los principales virus que se pueden presentar en el cultivo son:.

Virus del mosaico de la alfalfa, Alfalfa Mosaic Virus (AMV)

Las hojas apicales de plantas infectadas presentan un moteado vivo y distorsiones en el crecimiento. Cuando la hoja alcanza su completo desarrollo, los síntomas se vuelven muy típicos. El foliolo muestra grandes áreas blanquecinas. Este virus es transmitido en forma no persistente por 22 especies de pulgones, siendo *Mizus persicae* Sulzer, el más importante. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Virus del mosaico del pepino, *Cucumber Mosaic Virus* (CMV)

Los síntomas se pueden presentar 4 ó 5 días después de la inoculación del virus, observándose que las hojas jóvenes se arrugan y se deforman. Las hojas presentan amarillamiento suave inicialmente y luego se va tornando en un color más intenso en forma de rayas; se detiene el crecimiento de la planta drásticamente, pudiendo quedarse a nivel del suelo, los entrenudos de la planta se hacen más cortos reduciéndose a la mitad de su tamaño normal. Las plantas afectadas forman pocas flores y pocos frutos, los cuales pueden mostrar áreas blancas entremezclados con tonalidades verdes, a parte de su deformación. La variabilidad genética del virus puede explicar en parte la variedad de síntomas observados. Este es transmitido en forma no persistente por más de 86 especies de pulgones (*Mizus persicae* Sulzer, es el más importante). (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Virus "Y" y "X" de la papa, *Potato Virus Y* y *Potato Virus X* (PVY, PVX).

Al virus Y de la papa se le considera más dañino que el virus X, ya que ocasiona necrosis a nivel de las nervaduras. Ambos virus provocan mosaico. Incluso dependiendo de la raza pueden presentarse plantas con enanismos, encarrujadas y moteadas. El Virus Y es transmitido en forma no persistente por pulgones, mientras que el virus X se transmite por contacto. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Virus del mosaico del chile, *Peper Mild Mosaic Virus* (PMMV).

Se transmite con facilidad a través de la savia y por el roce entre plantas por el hombre o herramientas infectadas. Es necesario indicar que el virus puede sobrevivir durante años en restos vegetales que pueden servir como fuentes de infección a través de las raíces. Las hojas jóvenes presentan un moteado de color verde claro a amarillo. Al ir creciendo las hojas aparece un ligero rizamiento y formas irregulares con reducción de tamaño de hojas. En infecciones graves la planta puede mostrar enanismo. Al provocar en las hojas zonas amarillentas da como resultado un menor nivel fotosintético y por lo tanto menores niveles de carbohidratos en las plantas infectadas, lo que se traduce en disminución de rendimiento. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

En general, las medidas preventivas de control de los virus son: prevención de la introducción del agente infeccioso a áreas no infectadas, uso de plantas resistentes, manejo de las fechas de siembra, control de los vectores mediante repelentes y rotación de cultivos. (Anaya, et al, 1992)

6.2. Hongos y su control.

Tristeza del chile, *Phytophthora capsici* Leonian.

Se presenta con severidad en climas de temperaturas entre 15 y 22° C y en suelos húmedos ocasiona la muerte rápida de raíces por pudrición. La marchitez se desarrolla con especial rapidez en la floración o fructificación y se extiende gradualmente causando muerte prematura de las plantas afectadas.

Los primeros síntomas se manifiestan en un ligero aclaramiento de las nervaduras de los folíolos jóvenes más externos. Mientras la raíz va muriendo por la pudrición, en algunas ocasiones puede mostrar una mancha rojiza. Las hojas tienden a marchitarse como si presentaran estrés hídrico, de ahí que en algunos lugares se le denomina tristeza del chile. Se disemina por el polvo, agua, equipo agrícola y plantas infectadas. El daño se agudiza en el último riego que se aplica. (Secretaría de Economía UACH, 2002)

Es recomendable evitar el establecimiento del cultivo en terrenos ya infestados durante un periodo no menor de 10 años. Se recomiendan monitoreos constantes con el fin de evitar infestaciones y arrancar las plantas infectadas para posteriormente quemarlas fuera de la zona de cultivo. Es aconsejable cuidar los riegos, evitando encharcamientos e inundaciones y realizar aporques profundos. (Valadez, 1994 y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Otras enfermedades de importancia secundaria que llegan a atacar al cultivo del chile son: **Pudriciones de la raíz**, por *Rhizoctonia solani* Khün, *Pythium sp.* y *Fusarium sp.*, **Marchitamiento**, *Fusarium sp.*, **Oidiopsis**, *Leveillula taurica* (Lev.) Arnaud., **Alternariosis**, *Alternaria tenuis* (Kunze ex Pers.) y *Alternaria solani* (Ell. & Mart.) Jones & Grout. (Valadez, 1994 y Gómez, 2004)

7. Cosecha

En los chiles se utilizan principalmente dos indicadores físicos de cosecha: la longitud o tamaño y el color. En el caso del chile jalapeño, el fruto debe recolectarse cuando la baya tiene una longitud de 5-7 cm y posee un color verde provisto de una tonalidad metálica. El corte de los frutos se hace con pedúnculo a fin de no lesionarlos y que pierdan su calidad. (Valadez, 1994, y Secretaría de Economía y UACH, 2002)

4.5.9. Valor nutritivo del chile

Los chiles verdes son ricos en vitamina A y C, además son una buena fuente de energía, proteína y minerales. Destaca su alto contenido de ácido ascórbico, valor que incluso es superior al de los cítricos.

Un aspecto que caracteriza al chile es su elevada pungencia. En la placenta y septas de los chiles, principalmente, se ubican unas glándulas o receptáculos ricos en alcaloides (capsacinoides), entre los que prevalece la capscina ($C_{18}H_{27}NO_3$), que determinan el grado de pungencia del fruto. (Guenkov, 1974 y Valadez, 1994)

La pungencia del fruto es variable según el cultivar y el método tradicional de estimarla. El resultado de un análisis de pungencia o "picantez" se expresa en unidades Scoville (uS) en honor del inventor del método. Algunos ejemplos de valores promedio que demuestran la gran variación en picantez entre cultivares son: Pimientos entre 0 (no detectable) a 100 uS, Chile. Jalapeño entre 4.000 a 6.000 uS, y Chile Habanero 200.000 a 350.000 uS. A continuación se presentan los valores obtenidos en diferentes tipos de chile, así como su contenido en estado verde y seco. (Secretaría de Economía y UACH, 2002)

Cuadro 4. Valor nutritivo promedio del chile verde y seco (por 100 g de porción comestible).

Elemento	Fruto fresco	Fruto seco
Agua (ml)	74.00	8.00
Calorías (cal)	94.00	2.91
Proteína (g.)	4.10	15.00
Grasa (g)	2.30	11.00
Fibra (g)	18.00	33.00
Calcio (mg)	58.00	150.00
Carbohidratos (g)	18.00	33.00
Fósforo (mg)	101.00	-----
Hierro (mg)	2.90	9.00
B-Caroteno (UI)	7140.00	1000.00
Tiamina (mg)	0.25	0.60
Riboflavina (mg)	0.20	0.50
Niacina (mg)	2.40	12.00
Ac. Ascórbico (mg)	121.00	10.00

Cuadro 5. Valor nutritivo por tipo de chile (por 100 g de porción comestible).

Tipo	% comestible	Carbohidratos (g)	Proteína (g)	Grasas totales	Vit. A (mg)	Vit. C (mg)	Vit. B1 (mg)
Chipotle	0.84	57.6	14.1	6.3	456	0	0.28
Serrano	0.95	7.2	2.3	0.4	50	65	0.14
Pasilla	0.60	60.5	12.7	9.6	133	68	0.37
Jalapeño	0.80	5.3	1.2	0.2	20	72	0.08
Guajillo	0.84	56.7	11.6	8.6	3288	100	0.19
Poblano	0.80	10.4	2.6	0.6	16	364	0.14

2. OBJETIVOS.

1. Evaluar el efecto de la inoculación con *Rhizobium leguminosarum biovar Phaseoli* sobre el rendimiento final del frijol ejotero.
2. Determinar si existe un efecto de la inoculación en el frijol ejotero asociado sobre el rendimiento final de cebolla, tomate de cáscara y chile jalapeño.
3. Evaluar si existe un incremento de la fertilidad del suelo como resultado de la inoculación del frijol, y en consecuencia, del sistema en forma orgánica de los cultivos.

3. HIPÓTESIS.

1. La inoculación del frijol ejotero con *Rhizobium leguminosarum biovar Phaseoli* propicia el incremento del rendimiento final de frijol ejotero.
2. La inoculación del frijol genera una disponibilidad de nitrógeno en el suelo que puede ser aprovechada en forma inmediata por otros cultivos.
3. La inoculación del frijol ejotero incrementa la fertilidad del suelo y por tanto la disposición de nitrógeno para el siguiente ciclo de cultivo.

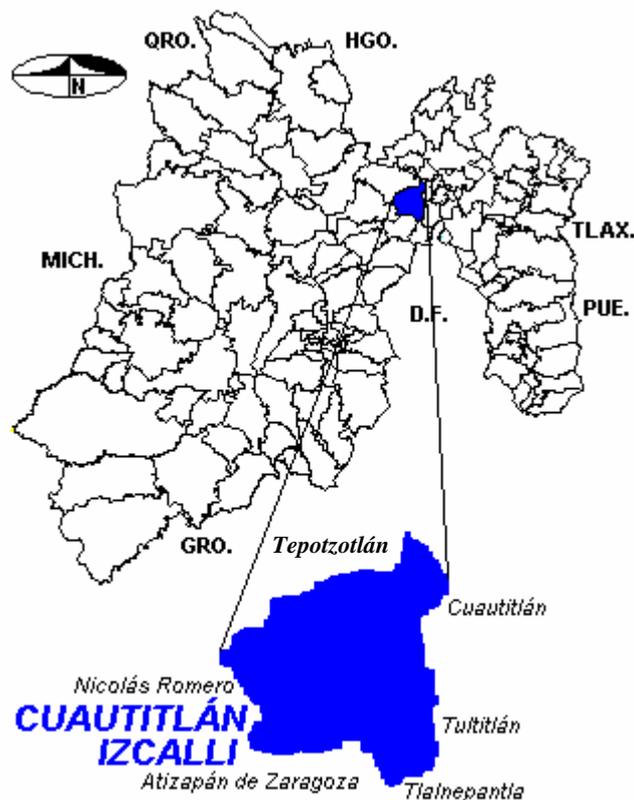
5. MATERIALES Y MÉTODOS.

5.1. Caracterización de la zona de estudio.

a) Ubicación geográfica

El presente trabajo fue realizado en la parcela experimental de la carrera Ingeniero Agrícola de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM Campo 4, que se ubica en la parte norte del municipio de Cuautitlán Izcalli. Dicho municipio, se ubica al oeste del Valle de Cuautitlán-Texcoco, en la porción centro-oeste del Estado de México, con las siguientes coordenadas geográficas extremas: latitud máxima 19°43'56" y latitud mínima 19°35'05", longitud máxima 99°17'25" y longitud mínima 99°10'32", con una altitud media sobre el nivel del mar de 2,252 metros. La superficie total del municipio es de 109.924 Km², lo que representa el 0.5% de la superficie del estado. Sus colindancias son: al norte con Tepotzotlán y Cuautitlán; al sur con Tlalnepantla de Baz y Atizapán de Zaragoza; al este con los municipios de Cuautitlán y Tultitlán, y al oeste con Villa Nicolás Romero y Tepotzotlán, como se muestra a continuación. (INEGI, 2001)

Figura 5. Ubicación geográfica del municipio de Cuautitlán Izcalli



b) Características climáticas

Este municipio tiene dos tipos de climas: templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media C(w1) en un 30.60% de la superficie territorial y templado subhúmedo con lluvias en verano de

menor humedad C(wO) en un 69.40% de la superficie municipal. (INEGI y H. Ayuntamiento de Cuautitlán Izcalli, 1997 e INEGI, 2001)

El clima para la mayoría del municipio y del área de estudio es C (Wo) (W) b (i') templado subhúmedo con lluvias en verano, que se caracteriza por ser el menos húmedo de los templados subhúmedos. La temperatura media anual varía entre 12° y 18°C, y la temperatura del mes más frío esta entre -3° y 18°C. la precipitación total anual varía de 600 a 800 mm y su porcentaje de lluvia invernal es menor de 5 %. Además la precipitación del mes más seco es menor de 40 mm. Los principales meses de precipitación son: junio, julio, agosto y septiembre. (INEGI, 2001)

Para el año 2004, de acuerdo con los datos de la estación Almaraz de la FESC-UNAM, las condiciones climáticas prevaecientes en el área de estudio fueron:

Una temperatura media anual de 14.8°C y la temperatura media máxima de 23.8°C. Abril fue el mes con la temperatura más alta, 25.5°C. Además la temperatura media mínima fue de 7.5°C, correspondiendo a Diciembre ser el mes más frío con 1.6°C. La precipitación anual fue de 837.9 mm, con Julio, como el mes más lluvioso con 197.4 mm y Febrero el mes más seco con ausencia total de precipitación. Durante el año hubo 8 días con granizo, 5 en Julio y 3 en Septiembre. (Mercado, 2005)(ver anexo)

c) Características agrológicas

Los suelos identificados dentro del municipio corresponden a los tipos vertisoles, litosoles y feozem. Sin embargo, en la mayor parte del área Municipal sobresale el suelo tipo vertisol. Particularmente, en la FES- Cuautitlán Campo 4, predomina el tipo vertisol háplico-pélico, que son suelos de origen aluvial y residual, formados a partir de rocas sedimentarias clásticas y rocas ígneas extrusivas. En general, son suelos con más de 1 m de profundidad, arcillosos, de color oscuro y fértiles. El comportamiento de la textura arcillosa provoca dificultades en la labranza, sobre todo mal drenaje en época de lluvias (problemas de inundación); y agrietamiento en época de secas, por lo duro de los agregados estructurales, por lo tanto, estos suelo son duros cuando están secos y pegajosos en condiciones de humedad. (INEGI, 2001)

5.2. Toma de muestras y análisis de suelo.

Para conocer las características fisicoquímicas del suelo antes del experimento, se tomó una muestra compuesta de suelo el 19 de marzo del 2004. El procedimiento fue el siguiente:

- a) La profundidad de muestreo fue de 0-30 cm y 30-60 cm.
- b) Elaboración de una muestra compuesta de aproximadamente 2 kg, a partir de la mezcla individual de 5 muestras individuales; cuatro en las esquinas de la parcela y una en el centro de la misma.

- c) Las mezclas individuales se colocaron sobre un costal, se rompieron los agregados y se mezcló el suelo para hacer lo más homogénea posible la muestra.
- d) Se amontonó el suelo en el centro del costal y se dividió en cuatro partes iguales, eligiendo dos muestras por el método del cuarteo.
- e) Se colocó las muestras compuestas en bolsas de plástico y se etiquetó con los datos de profundidad de muestreo, localidad, fecha y responsable del muestreo.
- f) El secado de la muestra se hizo en el laboratorio de suelos a temperatura ambiente y sobre papel.
- g) Una vez seco el suelo, con la ayuda de un mazo de madera se rompieron los agregados del suelo, se eliminaron las piedras y residuos de raíces de la muestra y se colocó el suelo en bolsas limpias y se etiquetaron las muestras.

Después de la cosecha se tomaron dos muestras de suelo: una de suelo sin inocular y otra de suelo inoculado con *Rhizobium* utilizando el procedimiento descrito anteriormente.

El análisis de suelo se llevó a cabo en el Laboratorio Central Universitario de la Universidad Autónoma Chapingo. Las determinaciones y metodología empleada en los análisis de suelo fueron:

- pH: Potenciométrico Relación suelo agua 1:2.
- Materia orgánica: Método de Walkley y Black.
- Nitrógeno inorgánico: Extraído con Cloruro de potasio 2N y determinado por arrastre de vapor.
- Nitrógeno total: Determinado por arrastre de vapor (Método Kjeldahl).
- Fósforo: Método de Olsen.
- Potasio: Extraído en Acetato de amonio 1.0 N pH 7.0 Relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de emisión de flama.
- Calcio y Magnesio: Extraído en Acetato de amonio 1.0 N pH 7.0 Relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica.
- CIC: Acetato de amonio 1.0 pH 7.0 centrifugación.
- Boro: Extraído con CaCl_2 1.0 M Fotocolorimetría de azometina-H.
- Dap: Método de la probeta.
- Textura: Hidrómetro de Bouyoucos.

5.3. Ubicación del experimento.

La tesis se realizó en el área experimental de la carrera de Ingeniería Agrícola, concretamente en la parcela experimental número 12, ubicada al oeste del área de invernaderos de la carrera de Ingeniero Agrícola.

5.4. Diseño experimental.

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones, para un total de 24 unidades experimentales tal como se muestra en la siguiente figura. Los tratamientos son los siguientes:

- a) Frijol sin inocular – tomate de cáscara (F – Tc).
- b) Frijol inoculado – tomate de cáscara (Fi – Tc)
- c) Frijol sin inocular – cebolla (F – Ce).
- d) Frijol inoculado – cebolla (Fi – Ce).
- e) Frijol sin inocular – chile jalapeño (F – Ch).
- f) Frijol inoculado – chile jalapeño (Fi – Ch).

1 Fi-Tc R3	2 Fi- Ce R4	3 F-Tc R4	4 Fi-Ch R1	5 F-Ch R2	6 F-Ce R1
7 F-Ch R1	8 Fi-Ch R4	9 F-Ce R2	10 Fi-Tc R1	11 F-Tc R3	12 Fi-Ce R2
13 Fi-Ch R3	14 Fi-Tc R2	15 F-Ch R4	16 F-Ce R3	17 Fi-Ce R1	18 F-Tc R1
19 F-Tc R2	20 F-Ce R4	21 Fi-Tc R4	22 Fi-Ce R3	23 Fi-Ch R2	24 F-Ch R3

Figura 6. Distribución de unidades experimentales en bloques al azar dentro de la parcela experimental

Cada unidad experimental tenía una superficie de 18.4 m² y constaba de 5 surcos de 92 cm de ancho y 4 m de largo. La separación entre bloques fue de un surco (92 cm) y entre calles de 50 cm; así la superficie total fue de 555.22 m².

5.5. Materiales utilizados.

La semillas utilizadas en el experimento fueron: frijol ejotero var. Strike Western, tomate de cáscara var. Rendidora, cebolla var. Río Grande F1 y chile jalapeño var. M. Americano, cuyas características se mencionaron en la revisión de literatura. (P. 12, 21, 32 y 40 respectivamente)

Para la inoculación se utilizó el producto comercial Nitrobac A, formulado a base de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* (Hoy *Rhizobium etli*).

Además se utilizaron otros materiales como:

- 66 varillas de acero de 1/2.
- 2 rollos de mecahilo.
- Una cinta métrica de 20 mts.

- ❑ 1 martillo.
- ❑ 24 letreros.
- ❑ 1 carretilla.
- ❑ 11 m de plástico transparente.
- ❑ 1 rollo de rafia
- ❑ 1 rollo de alambre
- ❑ 2 azadones
- ❑ 1 tractor con sus implementos.
- ❑ 2 charolas de plástico.
- ❑ 1 regadera.
- ❑ manguera y un aspersor.
- ❑ 6 cubetas.
- ❑ 3 cajas de Petri.
- ❑ 1 estufa de laboratorio.
- ❑ 10 kg de cal hidratada.
- ❑ Una pala recta.
- ❑ 6 costales.
- ❑ 12 bolsas de 3 kg.
- ❑ 1 mazo de madera
- ❑ 6 etiquetas.
- ❑ 1 bolígrafo.

5.6. Establecimiento del experimento.

a) Preparación del terreno. La preparación del terreno incluyó un barbecho y una rastra realizados a mediados del mes de marzo del 2004. El surcado se hizo a finales del mismo mes con una distancia entre surcos de 92 cm para un total de 17 surcos.

b) Producción de plántula en invernadero. Para la siembra en almácigo de tomate de cáscara, cebolla y chile jalapeño se dispuso de una cama de siembra con dimensiones de 12.5 m de largo por 1 m de ancho y 25 cm de altura en el área de invernaderos. La cama se limpió y se relleno con tierra del área experimental; misma que fue desinfectada por medio de solarización, durante tres semanas. Después, el área de la cama se dividió en tres partes para la siembra de cada una de las hortalizas.

Previamente se realizaron pruebas de germinación para estas semillas y los resultados fueron los siguientes: chile jalapeño: 80%, cebolla: 70% y tomate de cáscara: 90%. Por lo que se sembraron 50 gramos de chile jalapeño y 70 gramos de cebolla el 31 de marzo y se utilizaron 40 gramos de tomate de cáscara para el día 19 de abril. Todas las semillas se sembraron al voleo en la cama, la cual estaba húmeda y se cubrió con una capa fina de suelo seco. Después, se efectuaron riegos ligeros cada dos días hasta la fecha de trasplante.

En el terreno definitivo el primer riego y la preparación del inoculo fue un día antes de la siembra que se realizó el 23 de abril del 2004. La siembra con inoculo se empezó antes de que salieran los rayos del sol para evitar que dañara a las bacterias, y se hizo a doble hilera con una distancia entre plantas de

60 cm para el caso de los tratamientos con chile y tomate de cáscara y de 30 cm en los tratamientos con cebolla. Se depositaron 2 semillas por golpe. Posteriormente, ese mismo día, se procedió a la siembra de los tratamientos no inoculados con las mismas especificaciones.

c) Trasplante. Las plántulas de tomate de cáscara se trasplantaron el 18 de mayo del 2004 durante la mañana, previo riego de la cama y de la parcela un día antes; depositando dos plantas cada 60 cm a doble hilera intercaladas entre el frijol. Este mismo sistema se aplicó el día 26 de mayo para el trasplante del chile jalapeño. En el caso de la cebolla, el trasplante se efectuó el dos de junio regando un día antes únicamente la cama de siembra ya que la parcela experimental estaba húmeda como resultado de las precipitaciones registradas. En este caso se depositó una plántula cada 10 cm a doble hilera e intercaladas con el frijol. Cabe mencionar que antes del trasplante se cortó una parte de las raíces y la parte superior del follaje de la planta.

d) Labores de cultivo. Durante el experimento se efectuaron las siguientes labores:

Riegos. El primer riego se hizo con aspersor un día antes de la siembra del frijol, y posteriormente, se efectuaron tres riegos de auxilio más: el primero a los 15 días después de trasplante y los restantes en el trasplante del tomate de cáscara y en el trasplante del chile jalapeño que fueron suficientes hasta el establecimiento de las lluvias.

Escarda. Esta labor se hizo con azadón y se efectuó a los 15 días después del trasplante de cada hortaliza. Posteriormente, se efectuaron labores de aporque cuando efectuaban los deshierbes.

Espaldera. En los tratamientos sembrados con tomate de cáscara se colocaron varillas que con la ayuda de alambre galvanizado y rafia se formó el sistema de espaldera para prevenir que las ramas se quebraran por el peso de los frutos. Esta actividad se realizó cuando las plantas empezaban a florecer.

Deshierbes. En la cama de siembra se hicieron dos deshierbes en forma manual para eliminar la maleza presente en el invernadero. En el terreno definitivo, el primer deshierbe fue en forma manual una semana después de la emergencia del frijol y los restantes se realizaron en forma manual y con azadón antes de realizar el trasplante de las hortalizas y 20 días antes de la cosecha del frijol ejotero. Las principales especies de maleza que se encontraron fueron: Coquillo *Cyperus esculentum* L., Chayotillo *Sicyos Angulatus* L., Malva *Malva parviflora* L., Verdolaga *Portulaca oleracea* L. y Acahual *Simsia amplexicaulis* [Cav.] Pers. Cabe mencionar, que también se efectuó el control de maleza en las áreas contiguas a la parcela experimental para evitar que fueran reservorios de plagas.

Control de plagas y enfermedades. Durante el ciclo de cultivo no se presentaron enfermedades en ninguno de los cuatro cultivos, pero de plagas se presentaron principalmente, pulga saltona (*Epitrix cucumeris* Harris) y larvas del barrenador del tallo (*Trichobaris championi* Barker) en el tomate de cáscara, las cuales fueron controladas con infusiones de chile picante y ajo . Además se presentó una infestación por caracol (*Helix aspersa*, Millar), que ocasionó daños en las hojas de las plántulas de frijol en los primeros surcos de la orilla del bloque 1, por lo que su control fue manual y se utilizó cal para formar una franja que actuó como una barrera física en toda el área contigua al bloque. Finalmente se detectaron huevecillos de conchuela del frijol, *Epilachna varivestis* Mulsant, al final de la cosecha del ejote, por lo que no ocasionó daño económico al cultivo.

Cosecha. La cosecha del frijol ejotero, se efectuó a principios de Julio. En este caso, se cosechó procurando seguir un orden de acuerdo a la hortaliza y teniendo cuidado de cosechar al mismo tiempo los tratamientos sin inocular y los tratamientos inoculados para evitar variaciones en el rendimiento. En la cosecha, se utilizaron cubetas y cada tratamiento se pesó para obtener el rendimiento de cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones, y extrapolar los resultados para obtener el rendimiento en toneladas por hectárea, para comparar con los rendimientos reportados por la bibliografía. Es conveniente mencionar que para la cosecha se arrancaron las plantas a alrededor de 5 cm arriba del nivel del suelo con el objeto de dejar intactas las raíces. Los restos de la plantas y las raíces se incorporaron al suelo para su descomposición y posterior aprovechamiento en el siguiente ciclo de cultivo.

En el caso de las hortalizas, para el tomate de cáscara, se hicieron cuatro cortes cosechando los frutos que llenaban completamente el cáliz y que incluso lo rompían. En el chile jalapeño se efectuaron 5 cortes cuando los frutos alcanzaban su madurez comercial. Finalmente la cebolla se cosechó el día 12 de octubre, siendo su presentación comercial como cebolla de rabo. Inmediatamente después de la cosecha todos los productos se pesaron por tratamiento.

5.7. Variable a evaluar.

La variable a evaluar en éste trabajo fue el rendimiento final en kilogramos para demostrar si existía una diferencia estadística en el uso de la inoculación en los tratamientos de frijol ejotero.

Para las hortalizas, también el procedimiento fue evaluar el rendimiento de cada uno de los tratamientos con sus repeticiones.

Finalmente, se hizo una comparación de los análisis de suelo, antes y después del experimento para determinar las variaciones en las características fisicoquímicas del suelo.

5.8. Análisis estadístico.

El análisis de varianza y la prueba de comparación de medias por el método de Duncan (Diferencia Mínima Significativa) al 0.05 para el frijol ejotero se hizo tomando en consideración el peso en gramos por planta. Para evaluar los efectos de la inoculación en el rendimiento final de los tratamientos, se utilizó el programa estadístico computarizado MINITAB 14.

Para la evaluación de las hortalizas, se llevó a cabo un análisis de varianza para dos muestras utilizando el mismo programa estadístico.

6. ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Evaluación de la fertilidad del suelo.

Para realizar la comparación en cuanto a la fertilidad del suelo, se tomó una muestra compuesta de la parcela antes de la siembra y los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 6. Resultados de la muestra de suelo antes del experimento.

Tipo de análisis	Profundidad 0 – 30 cm	interpretación*	Profundidad 30 – 60 cm	interpretación*
pH .	7.90	Medianamente alcalino	7.85	Medianamente alcalino
M O %	2.3	Medio	1.5	Medianamente pobre
Nitrógeno total. %	0.04	Pobre	0.03	Pobre
Nitrógeno inorgánico. mg Kg ⁻¹	28.20	Medio	16.32	Bajo
P asimilable. mg Kg ⁻¹	72	Muy alto	60	Muy alto
K intercambiable. mg Kg ⁻¹	1953	Muy alto	1493	Alto
Ca intercambiable. mg Kg ⁻¹	4205	alto	4711	alto
Mg intercambiable. mg Kg ⁻¹	831	alto	975	alto
Capacidad de intercambio cationico. Cmol(+) Kg ⁻¹	24.3	medio	22.8	medio
Boro. mg Kg ⁻¹	3.5	alto	2.8	alto
Densidad aparente. g/cm ³	1.08	medio	1.07	medio
Arena %	25.7	Textura: arcilla	30.4	Textura: Franco arcilloso
Limo %	30.5		35.8	
Arcilla %	43.8		33.8	

Fuente: Etchevers, 1992 y Arroyo, 1999.

De acuerdo con datos, se trata de un suelo de textura fina y densidad aparente normal; presenta un buen intercambio gaseoso y velocidad media de infiltración del agua de acuerdo con el contenido de materia orgánica. El pH está ligeramente arriba del rango óptimo para muchos cultivos agrícolas y debe tenerse en cuenta pues a medida que aumenta el pH a alcalino disminuye la disponibilidad de Fe, Zn y Mn.

En general se trata de un suelo con contenido medio a alto de nutrimentos. La mineralización de la materia orgánica aportará cantidades importantes de N, P y S; si consideramos los 60 cm de profundidad, se estima una mineralización de alrededor de 115 kg N ha⁻¹ durante 4-6 meses, mientras existan condiciones favorables de humedad, temperatura y oxígeno. Además existe una reserva media de nitrógeno disponible como efecto residual de la mineralización de la materia orgánica: considerando una profundidad de 60 cm de suelo existen unos 140 kg. N ha⁻¹, de los cuales el 50-60% pueden ser absorbidos durante el siguiente cultivo. El nitrógeno total se encuentra en cantidades bajas; sin embargo, es muy probable que exista una subestimación en su determinación, ya que el contenido de materia orgánica es medio y existe una reserva media de nitrógeno inorgánico. Cabe mencionar que el nitrógeno total se liberará gradualmente si existen condiciones de mineralización.

Posteriormente, al final de ciclo de cultivo se tomó una muestra compuesta de los tratamientos sin inocular y los resultados se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7. Resultados de la muestra de suelo sin inocular.

Tipo de análisis	Profundidad 0 – 30 cm	Interpretación.*	Profundidad 30 – 60 cm	Interpretación.*
pH	8.12	Medianamente alcalino	7.92	Medianamente alcalino
Materia orgánica. %	2.15	Medio	2.02	Medio
Nitrógeno total. %	0.10	Mediano	0.10	Mediano
Nitrógeno Inorgánico. mg Kg ⁻¹	14.84	Medianamente pobre	7.72	Pobre
Fósforo asimilable. mg Kg ⁻¹	70.60	Muy alto	57.40	Alto
Potasio intercambiable. mg Kg ⁻¹	2016	Muy alto	1596	Alto
Calcio intercambiable. mg Kg ⁻¹	3689	Alto	3777	Alto
Magnesio Intercambiable. mg Kg ⁻¹	862	Alto	856	Alto
Capacidad de intercambio cationico Cmol(+) Kg ⁻¹	23.4	Medio	14.5	Medio
Boro mg Kg ⁻¹	2.3	Alto	2.3	Alto
Densidad aparente. g/cm ³	1.28	Medio	1.24	Medio
Arena %	39	Textura: Franco arcilloso	35.0	Textura: Franco arcilloso
Limo %	32.4		34.4	
Arcilla %	28.7		30.7	

* Fuente: Etchevers, 1992 y Arroyo, 1999.

Los resultados muestran una ligera disminución de la cantidad de materia orgánica como resultado de su mineralización y que no existió un aporte nutritivo que permitiera mantener su nivel. Además, hay una disminución del nitrógeno inorgánico, debido probablemente a las exigencias nutrimentales de las hortalizas, puesto que son cultivos que requieren grandes cantidades de nitrógeno. La mineralización de la materia orgánica se calcula en unos 120 kg. N.ha⁻¹ durante 6 meses, mientras existan condiciones favorables de humedad, temperatura y oxígeno, y la reserva de nitrógeno disponible se redujo a unos 75 kg. N.ha⁻¹. Por último, debemos notar que el resto de los elementos analizados mantienen la categoría de clasificación.

Por otra parte, los resultados de la muestra compuesta de los tratamientos inoculados se muestran en el cuadro 8, y notamos un incremento en las cantidades de materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno inorgánico como resultado de la inoculación. El contenido de materia orgánica es moderadamente alta y la mineralización de la misma, aportará cantidades importantes de N, P y S. Considerando los 60 cm de profundidad, se estima una mineralización alrededor de 145 kg N.ha⁻¹ durante 4-6 meses, mientras existan condiciones favorables para la descomposición de la materia orgánica. La cantidad de N inorgánico (NO₃⁻ + NH₄⁺) constituye una reserva media de nitrógeno disponible probablemente efecto residual de la mineralización de la materia orgánica y de la inoculación con *Rhizobium*. Considerando una profundidad de 60 cm de suelo, existen alrededor de 175 kg de N/ha⁻¹, de los cuales el 50-60% pueden ser absorbidos durante el siguiente cultivo. En general los restantes elementos del análisis conservan su rango en comparación con los resultados de la muestra inicial.

Los análisis de suelo permiten confirmar lo dicho por Ortiz y Ortiz, (1984), que mencionan que el nitrógeno reunido por las leguminosas puede ser utilizado de 3 modos: absorbido por la planta leguminosa

misma; excretado del nódulo al suelo y ser utilizado por plantas asociadas con la leguminosa, o cuando la leguminosa es enterrada en el suelo o muere el N puede ser liberado después de la descomposición de los nódulos u otras porciones de la planta. Asimismo, los resultados concuerdan con Ferrera, (1981), citado por Durán, (1986), quien menciona que la fertilización de 80 kg de N.ha⁻¹ puede sustituirse por la inoculación.

Cuadro 8. Resultados de la muestra de suelo inoculado.

Tipo de análisis	Profundidad 0 – 30 cm	Interpretación.*	Profundidad 30 – 60 cm	Interpretación.*
pH	7.77	Medianamente alcalino	7.73	Medianamente alcalino
Materia orgánica. %	2.55	Medianamente rico	2.42	Medianamente rico
Nitrógeno total. %	0.13	Medianamente rico	0.12	Mediano
Nitrógeno intercambiable. mg Kg ⁻¹	29.7	Mediano	22.3	Mediano
Fósforo asimilable. mg Kg ⁻¹	67.1	Muy alto	69.7	Muy alto
Potasio intercambiable. mg Kg ⁻¹	2016	Muy alto	1596	Muy alto
Calcio intercambiable. mg Kg ⁻¹	3231	Muy alto	3388	Muy alto
Magnesio intercambiable. mg Kg ⁻¹	868	Alto	938	Alto
Capacidad de intercambio cationico. Cmol(+) Kg ⁻¹	24.4	Medio	26.5	Medio
Boro. mg Kg ⁻¹	3.4	Alto	4.4	Alto
Densidad aparente. g/cm ³	1.19	Medio	1.18	Medio
Arena %	39	Textura: Franco arcilloso	35.0	Textura: Franco arcilloso
Limo %	32.4		30.4	
Arcilla %	28.7		34.7	

* Fuente: Etchevers, 1992 y Arroyo, 1999.

6.2. Evaluación estadística de la inoculación del frijol ejotero.

Los resultados del análisis de varianza para el frijol ejotero son:

Cuadro 9. Análisis de varianza tomando como dato el peso por planta en frijol ejotero

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Ft	
					5%	1%
Tratamientos	5	22,764.708	4552.942	5.23**	2.90	4.56
Bloques	3	4,967.458	1655.82	1.903		
Error	15	13,054.792	870.32			
Total	23			** significancia al 1%. CV=11.99%		

Ya que $F_c > F_t$, implica que los resultados son significativos. Por lo tanto, existen uno o varios tratamientos mejores que los demás e indica que los tratamientos difieren en forma significativa. Para evaluar cual tratamiento es mejor se aplica la prueba de significancia de Duncan con un intervalo de confianza de 0.05, porque son pocos los tratamientos.

Cuadro 10. Prueba de Duncan con un intervalo de confianza de 0.05.

Tratamiento	Media
Fríjol inoculado - Tomate de cáscara.	290.25
Frijol inoculado – Chile jalapeño.	283.25
Fríjol sin inocular – Chile jalapeño.	237.75
Fríjol sin inocular – Tomate de cáscara.	232.5
Fríjol inoculado – Cebolla.	229
Fríjol sin inocular – Cebolla.	203.25

*Media con la misma letra son estadísticamente iguales

Los resultados anteriores, permiten confirmar la evaluación estadística, utilizando el programa computacional estadístico MINITAB 14. En primera instancia, se realizó la evaluación de los tratamientos sin inocular e inoculados de frijol ejotero y después se realizó la evaluación de cada tratamiento de frijol ejotero. Los resultados se muestran en el cuadro 11, y nos permite determinar que en forma general existen diferencias significativas en cuanto a los efectos de la inoculación sobre el frijol ejotero; esto se confirma al observar la figura 7, que muestra la media de los 12 tratamientos sin inocular y la media de los 12 tratamientos inoculados.

Cuadro 11. Evaluación estadística de los efectos de la inoculación del frijol ejotero.

Variable.	Tratamiento.	Repeticiones.	Media.	Mediana.	Desviación Estándar.	Mínimo.	Máximo.	Q1	Q3
Rend. de ejote	1. Sin inocular	12	20.48	17.39	6.25	12.95	30.11	16.25	27.81
	2. Inoculado	12	24.06	21.54	6.31	14.70	33.69	19.49	31.25

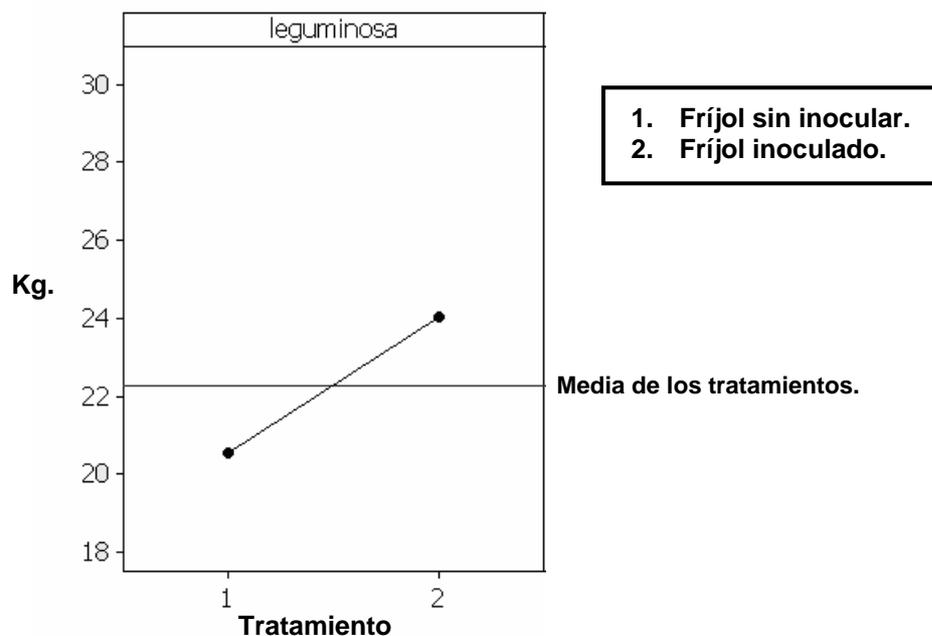


Figura 7. Comparación estadística de los efectos de la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar *Phaseoli* en el rendimiento final del frijol ejotero

Cuadro 12. Evaluación estadística de los efectos de la inoculación en el rendimiento del frijol ejotero.

Variable	Tratamiento.	Repeticiones	Media.	Mediana.	Desviación estándar.	Mínimo.	Máximo	Q1	Q3
Rend. de ejote	1. F - Tc.	4	16.270	16.719	1.55	14.099	17.543	14.626	17.491
	2. F - Ce.	4	28.526	28.811	1.620	26.368	30.112	26.849	29.916
	3. F - Ch.	4	16.65	16.72	2.98	12.95	20.23	13.81	19.43
	4. Fi - Tc.	4	20.32	21.43	3.90	14.70	23.71	16.35	23.17
	5. Fi - Ce.	4	32.037	31.967	1.353	30.526	33.691	30.766	33.390
	6. Fi - Ch.	4	19.831	19.644	1.290	18.491	21.544	18.702	21.147

La evaluación estadística por tratamiento que aparece en el cuadro 12, muestra también diferencias significativas por el uso de inoculante en el frijol en los tratamientos de frijol asociado con las hortalizas del experimento. Esto se confirma por la representación gráfica de los resultados, que se muestra en la figura 8.

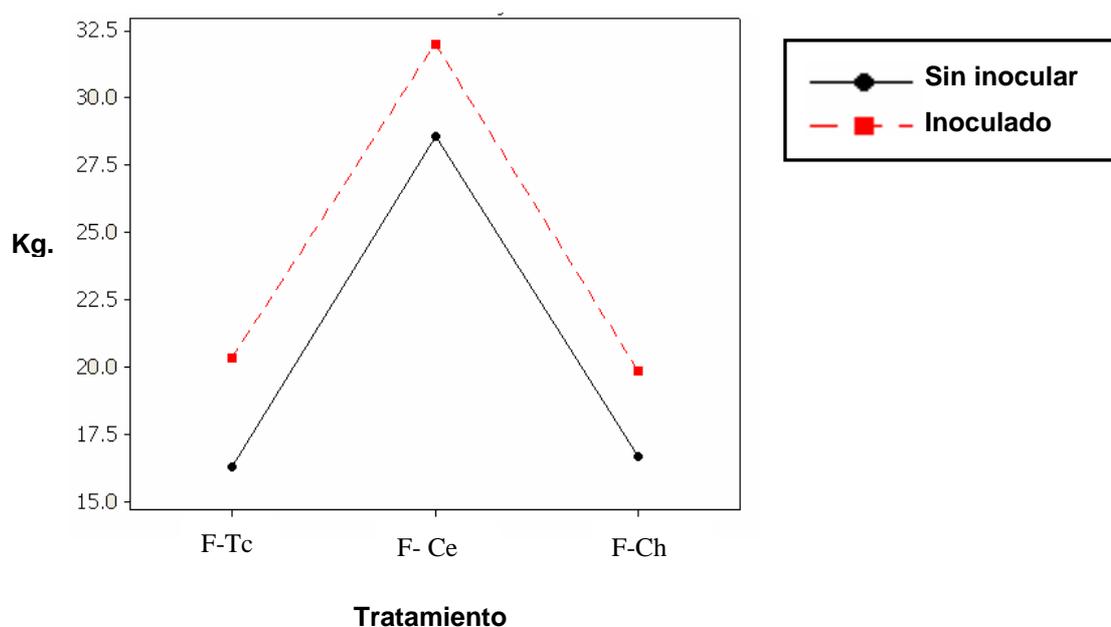


Figura 8. Comparación de los efectos de la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar *Phaseoli* en el rendimiento final del frijol ejotero por tratamiento.

Para el caso del tratamiento frijol inoculado-tomate de cáscara los datos permiten calcular que existe un incremento de 24.9% en kg por tratamiento con respecto al tratamiento sin inocular; referente al tratamiento frijol inoculado-cebolla el incremento es de 12.3%, y finalmente para el tratamiento del frijol inoculado-chile el incremento en la producción fue de 19.1%.

Los resultados obtenidos en el experimento, concuerdan con Arcocha y Ruiz, 1994, que mencionan que es posible la sustitución de la fertilización nitrogenada por la inoculación con *Rhizobium* en el cultivo del frijol ejotero, donde el rendimiento se incrementó en 4,478 kg.ha⁻¹ de ejotes con relación a los

tratamientos de fertilización nitrogenada. Misma aseveración es confirmada por Durán (1986) que reporta incrementos de producción de 21.6 a 34.3% sobre los testigos de frijol sin inocular.

Para comparar los rendimientos de frijol ejotero obtenidos con los datos estadísticos del cultivo, se hizo la extrapolación de los rendimientos de los tratamientos a $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$, mismos que aparecen en la figura 9.

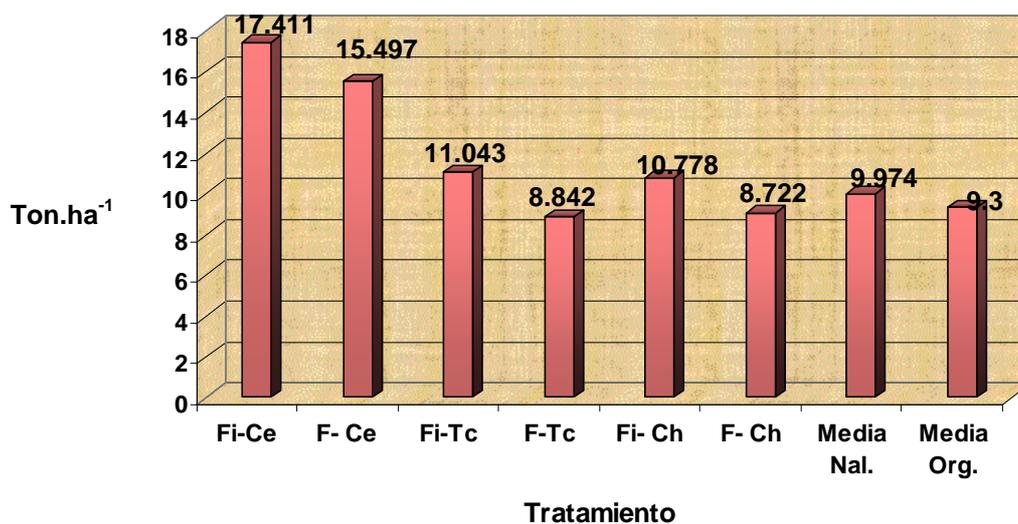


Figura 9. Comparación de los tratamientos con los rendimientos del frijol ejotero

De los resultados obtenidos en el experimento, se puede afirmar que todos los tratamientos inoculados del experimento, e incluso el tratamiento no inoculado intercalado con cebolla fueron a la media nacional para el cultivo de $9.974 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$, es de destacar superiores a éste rendimiento y al rendimiento del ejote cultivado en forma orgánica ($9.3 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$) en el año 2003. En forma individual el tratamiento que obtuvo el mejor rendimiento en la asociación frijol inoculado-cebolla fue la repetición 2 con un rendimiento de $18.31 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ y respecto a la asociación de frijol ejotero con las otras dos hortalizas el mejor fue la repetición 4 de la asociación frijol inoculado-tomate de cáscara con un rendimiento de $12.885 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$.

6.3. Evaluación estadística de la inoculación del frijol ejotero sobre tomate de cáscara, cebolla y chile jalapeño.

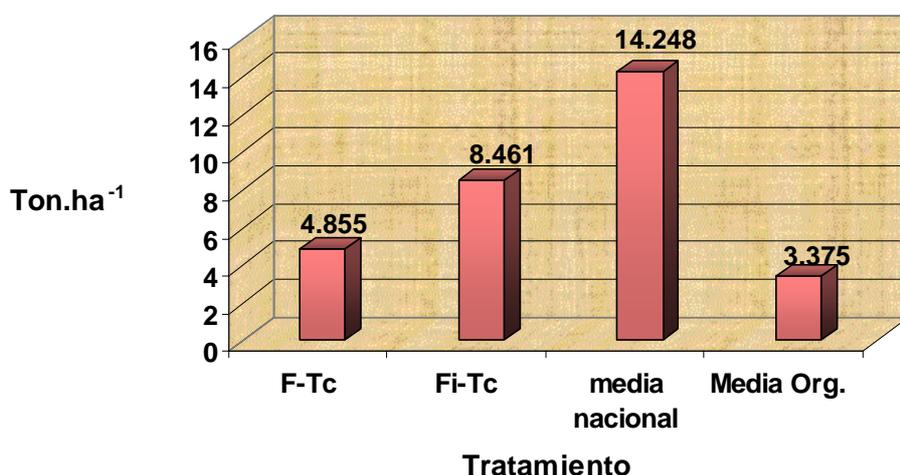
Para evaluar la existencia del efecto de la inoculación del frijol sobre el rendimiento de tomate de cáscara, chile y cebolla se utilizó la prueba de hipótesis para dos medias del programa MINITAB, para verificar si hubo diferencias significativas entre los tratamientos por cada cultivo. Los resultados para el tomate de cáscara aparecen en el siguiente cuadro:

Cuadro 13. Pruebas de hipótesis para la medias aritméticas de tomate de cáscara-

Tratamientos	No de repeticiones	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media
F-Tc	4	8.59	1.28	0.64
Fi-Tc	4	15.57	3.58	1.8

Cálculo de la diferencia de medias = - 6.64
Intervalo de confianza de 95%: (-12.69, -0.58)

En el caso del tomate de cáscara, como el intervalo de confianza no pasa por cero, podemos aseverar que hay diferencias significativas entre las medias, y por lo tanto, que sí existe un efecto de la inoculación en el manejo de éste cultivo. El rendimiento por ha⁻¹ de los tratamientos aparece en la figura 10, donde se puede sostener que los dos tratamientos superan a la producción de tomate de cáscara en forma orgánica que reporta la literatura, pero los rendimientos son inferiores a la media nacional.

**Figura 10. Comparación de los tratamientos con el rendimiento del tomate de cáscara**

Las evaluaciones estadísticas para el caso del cultivo de la cebolla son los siguientes:

Cuadro 14. Prueba de hipótesis para las medias aritméticas de cebolla.

Tratamiento	No. de repeticiones	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media
F-Ce	4	6.17	1.95	0.98
Fi-Ce	4	7.17	1.32	0.66

Calculo de la diferencia de medias= - 1.0
Intervalo de confianza de 95%: (-4.03, 2.03)

En este caso, los valores del intervalo de confianza pasan por el cero y estadísticamente no existe diferencia estadística significativa entre las medias de los tratamientos, pero económicamente tenemos 543 kg.ha⁻¹ adicionales en el tratamiento frijol inoculado-cebolla.

Los rendimientos obtenidos en los dos tratamientos son muy inferiores a la media nacional; esto se podría explicar, que fue debido a que la cebolla tuvo largos períodos de sombra debido al denso follaje que desarrolló el frijol ejotero. Esto se soporta en las afirmaciones de Guenkov, (1974), quien menciona, que para el crecimiento normal del sistema foliar y de la planta en general, es necesaria luz intensa. La sombra influye desfavorablemente sobre el crecimiento de las plantas y en la formación del bulbo. Además, considerando que anteriormente se había realizado un experimento por Vega, et al, 2002, que mencionan que en las mismas condiciones de este trabajo y con la variedad Contessa bajo diferentes tipos de estiércol, así como de dos dosis de estercoladura, donde obtuvieron un rendimiento mínimo de 9.206 ton.ha⁻¹ y un rendimiento máximo de 38.457 ton.ha⁻¹, empleando la misma distancia entre surcos que en el presente trabajo, pero plantando la cebolla a una sola hilera y a 15 cm de distancia entre planta y planta, lo que contrasta con el presente trabajo, ya que el transplante fue a doble hilera y a una distancia entre plantas de 10 cm. Por lo tanto, en éste experimento las expectativas de rendimiento deberían de ser más altas.

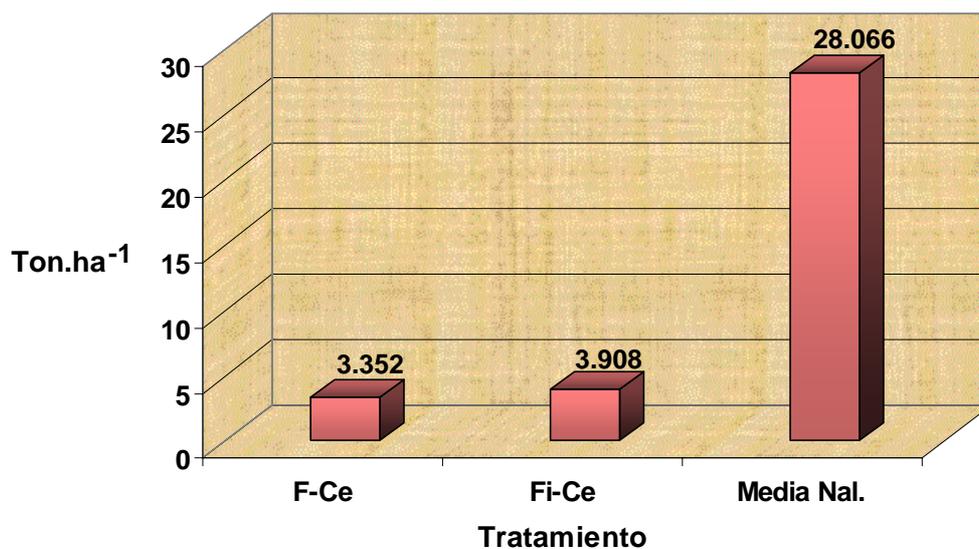


Figura 11. Comparación de los tratamientos con el rendimiento de la cebolla.

Finalmente la evaluación estadística para el chile jalapeño es la siguiente:

Cuadro 15. Prueba de hipótesis para las medias aritméticas de chile jalapeño.				
Tratamiento	No. de repeticiones	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media
F-Ch	4	8.35	2.28	1.1
Fi-Ch	4	6.51	2.59	1.3
Cálculo de la diferencia de medias= 1.85				
Intervalo de confianza de 95%: (-2.59, 6.28)				

Al analizar el intervalo de confianza entre las medias de los tratamientos, los datos indicaron que pasan por el cero y en consecuencia no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, por lo tanto no existe efecto de la inoculación sobre el frijol. Es de notar que incluso el tratamiento sin inocular es superior en rendimiento.

Al realizar las comparaciones de los tratamientos con la media nacional, tal como se muestra en la figura 12, se destaca que los tratamientos se encuentran muy por debajo de los rendimientos esperados. La posible razón es la falta de adaptación de la variedad a las condiciones existentes en la zona de estudio que pudo impedir que la planta expresara su total potencial productivo. Al analizar los requerimientos de temperatura por parte del cultivo, en el estudio de la Secretaría de Economía y UACH, 2002, menciona que la planta de chile requiere calor para su crecimiento y desarrollo, además de ser altamente sensible a temperaturas bajas, ya que sí se tienen temperaturas de 12° C o menos afectan el cultivo. Al obtener la temperatura mínima promedio de la zona en los meses que duró el cultivo que fue de 11.6°C; nos permite sustentar el argumento señalado líneas arriba.

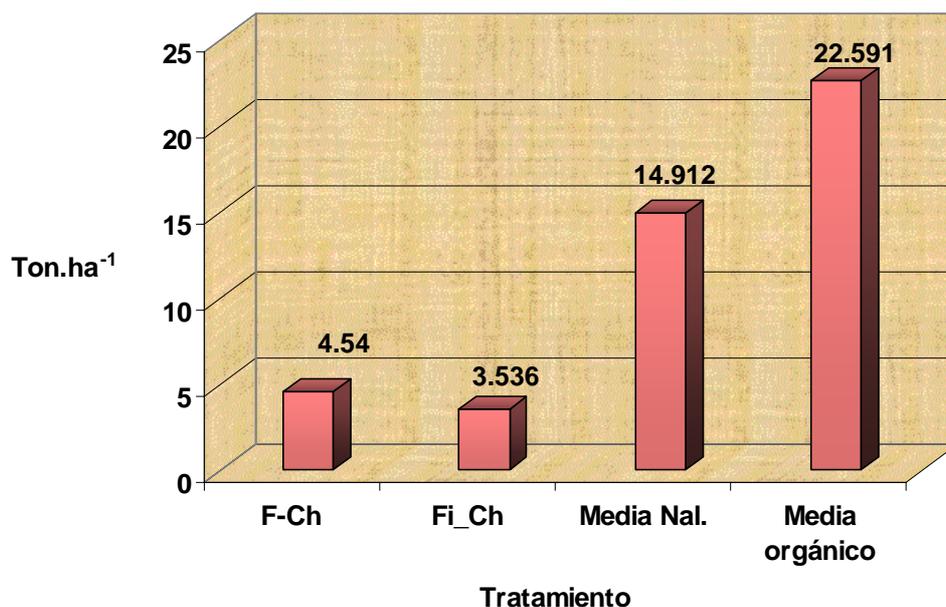


Figura 12. Comparación de los tratamientos con los rendimientos de chile jalapeño.

7. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten llegar a las siguientes conclusiones:

- La inoculación del frijol con *Rhizobium* disminuye ligeramente el pH del suelo.
- Si se siembran hortalizas, en caso de aplicarse abonos orgánicos, con 8 – 10 ton/ha será suficiente, pero debe tenerse en cuenta que de los nutrimentos analizados solo se requiere nitrógeno, ya que P, K, Ca y Mg están en cantidad adecuada.
- La inoculación del frijol permitió incrementar en el suelo la cantidad de materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno inorgánica en el suelo, siendo un método recomendable dentro de las prácticas de manejo orgánico.
- Los datos de los tres tratamientos de frijol ejotero inoculados, e incluso un tratamiento sin inocular superaron la media nacional, lo que indica que la variedad Strike Western y el manejo del cultivo fue el adecuado.
- La asociación frijol inoculado-tomate de cáscara demostró tener efectos significativos en comparación con la asociación sin inocular, siendo recomendable se establecimiento
- La asociación frijol ejotero-cebolla no demostró diferencias estadísticas significativas, pero la producción de cebolla se llega a incrementar por arriba del 10% cuando el frijol es inoculado.
- La inoculación del frijol ejotero no tuvo efecto en el rendimiento sobre el cultivo de chile jalapeño, siendo mejor cuando no fue inoculado.

9. ANEXOS.

Cuadro 16. Producción nacional de frijol ejotero en el año 2003.

ESTADO	SUPERFICIE SEMBRADA (Ha ⁻¹)	SUPERFICIE COSECHADA (Ha ⁻¹)	PRODUCCIÓN (Ton.)	RENDIMIENTO (Ton.ha ⁻¹)
AGUASCALIENTES	115	115	938	8.157
BAJA CALIFORNIA	117	117	684	5.875
BAJA CALIFORNIA SUR	118	95	967	10.23
CHIHUAHUA	15	15	231	15.961
COAHUILA	2	2	26	13
DURANGO	11	11	63	6
GUANAJUATO	6	4	16	4
GUERRERO	17	17	110	6.447
HIDALGO	1,838	1,746	12,579	7.204
JALISCO	334	334	2,710	6.497
MEXICO	53	53	271	5.113
MICHOACAN	71	37	812	12.08
MORELOS	3,539	3,539	39,177	11.071
NAYARIT	217	188	2,182	11.606
OAXACA	129	128	1,187	9.273
PUEBLA	1,143	1,122	15,541	13.851
SAN LUIS POTOSI	10	10	60	6
SINALOA	1,866	1,866	17,893	9.589
SONORA	90	90	574	6.382
VERACRUZ	147	147	905	6.154
TOTAL	9,836	9,664	96,387	9.974
Fuente: Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera.2004.				SAGARPA

Cuadro 17. Producción nacional de frijol ejotero orgánico en el año 2003.

ESTADO	SUPERFICIE SEMBRADA (Ha ⁻¹)	SUPERFICIE COSECHADA (Ha ⁻¹)	PRODUCCIÓN (Ton.)	RENDIMIENTO (Ton.ha ⁻¹)
Baja California Norte	17	17	158	9.300
TOTAL	17	17	158	9.300
Fuente: Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera.2004. SAGARPA				

Cuadro 18. Producción nacional de tomate de cáscara en el año 2003.

ESTADO	SUPERFIE SEMBRADA (Ha ⁻¹)	SUPERFICIE COSECHADA (Ha ⁻¹)	PRODUCCIÓN (Ton.)	RENDIMIENTO (Ton.ha ⁻¹)
AGUASCALIENTES	599	599	11,611	19.384
BAJA CALIFORNIA	785	777	10,183	13.114
BAJA CALIFORNIA SUR	334	293	5,211	17.798
CHIAPAS	4	4	50	12.6
CHIHUAHUA	182	182	1,722	9.462
COAHUILA	189	189	5,774	30.55
COLIMA	295	213	2,001	9.394
DISTRITO FEDERAL	25	25	225	9
DURANGO	14	14	42	3
GUANAJUATO	3,235	2,855	28,751	10.071
GUERRERO	668	668	10,852	16.258
HIDALGO	1,238	1,224	11,282	9.215
JALISCO	6,615	6,542	73,206	11.19
MEXICO	3,574	3,563	44,639	12.53
MICHOACÁN	2,890	2,795	39,842	14.255
MORELOS	2,401	2,397	33,948	14.165
NAYARIT	2,945	1,938	21,355	11.019
NUEVO LEÓN	516	252	5,252	20.841
OAXACA	315	311	3,062	9.847
PUEBLA	5,255	5,216	55,505	10.641
QUERETARO	1,001	922	19,701	21.368
SAN LUIS PÓTOSÍ	774	665	4,833	7.268
SINALOA	14,943	14,940	222,867	14.917
SONORA	3,915	3,888	53,991	13.887
TAMAULIPAS	216	182	1,982	10.89
TLAXCALA	622	557	8,083	14.511
VERACRUZ	596	578	7,585	13.122
ZACATECAS	2,379	2,257	42,664	18.903

TOTAL	56,522	54,044	726,218	14.248
--------------	---------------	---------------	----------------	---------------

Fuente: Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera.2004. SAGARPA

Cuadro 19. Producción nacional de tomate de cáscara orgánico en el año 2003.

Estado	Superficie sembrada (Ha ⁻¹)	Superficie cosechada (Ha ⁻¹)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton.ha ⁻¹)
Baja California Sur	8	4	14	3.375

Total	8	4	14	3.375
--------------	----------	----------	-----------	--------------

Fuente: Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera.2004. SAGARPA

Cuadro 20. Producción nacional de cebolla en el año 2003.

ESTADO	SUPERFICIE SEMBRADA (Ha ⁻¹ .)	SUPERFICIE COSECHADA (Ha ⁻¹ .)	PRODUCCION (Ton.)	RENDIMIENTO (Ton.ha ⁻¹ .)
BAJA CALIFORNIA	2,241	2,241	98,614	44
BAJA CALIFORNIA SUR	99	62	2,200	35.599
CHIAPAS	40	40	555	13.875
CHIHUAHUA	4,321	4,248	156,702	36.893
COAHUILA	140	140	5,750	41.071
COLIMA	72	72	2,010	27.917
DURANGO	484	484	13,376	27.622
GUANAJUATO	10,853	8,836	161,790	18.31
GUARRERO	43	43	261	6.07
HIDALGO	41	41	492	12
JALISCO	1,593	1,593	26,713	16.769
MEXICO	66	66	1,707	25.869
MICHOACÁN	3,964	3,910	145,058	37.1
NAYARIT	6	6	150	25
OAXACA	59	59	1,086	18.407
PUEBLA	1,795	1,795	32,093	17.879
QUERETARO	167	146	4,405	30.171
SAN LUIS POTOSI	804	778	18,316	23.542
SINALOA	644	644	10,406	16.158
SONORA	635	623	24,428	39.21
TAMAULIPAS	4,153	4,104	129,942	31.662
TLAXCALA	43	43	926	21.535
VERACRUZ	60	60	1,200	2
ZACATECAS	3,664	3,653	107,264	29.363
TOTAL	35,985	33,686	945,442	28.066

Fuente: Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera.2004. SAGARPA

Cuadro 21. Producción nacional de chile jalapeño en el año 2003.

ESTADO	SUPERFICIE SEMBRADA (Ha ⁻¹)	SUPERFICIE COSECHADA (Ha ⁻¹)	PRODUCCIÓN (Ton.)	RENDIMIENTO (Ton.ha ⁻¹)
CAMPECHE	6,113	4,480	27,860	6.219
CHIAPAS	2,281	2,181	17,038	7.811
CHIHUAHUA	4,600	4,249	101,450	23.879
COLIMA	513	513	19,102	37.272
GUANAJUATO	119	111	321	2.892
JALISCO	355	330	5,209	15.768
MÉXICO	12	12	165	13.75
MICHOACAN	724	724	22,837	31.543
NAYARIT	322	291	5,175	17.784
NUEVO LEÓN	86	46	1,488	32.304
OAXACA	165	145	2,953	20.366
QUERETARO	2	2	13	6.5
QUINTANA ROO	2,036	1,481	10,420	7.036
SAN LUIS POTOSI	10	10	110	11
SINALOA	7	7	45	6.429
SONORA	17	17	73	4.294
TABASCO	119	84	527	6.274
TAMAULIPAS	494	494	13,794	27.951
VERACRUZ	215	215	933	4.337

TOTAL	18,189	15,391	229,509	14.912
--------------	---------------	---------------	----------------	---------------

Fuente: Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera.2004. SAGARPA

Cuadro 22. Producción nacional de chile verde orgánico en el año 2003.

ESTADO	SUPERFICIE SEMBRADA (Ha ⁻¹)	SUPERFICIE COSECHADA (Ha ⁻¹)	PRODUCCIÓN (Ton)	RENDIMIENTO (Ton.ha ⁻¹)
Baja California	8	8	248	31.000
Baja California Sur	5	3	1	0.333
TOTAL	13	11	249	15.666

Fuente: Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera.2004. SAGARPA

**Cuadro 23. Resumen anual del comportamiento del clima en el año 2004
Estacion Almaraz. FES-Cuautitlán, UNAM. Campo 4.**

MES	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)	Evaporación (mm)	Días granizo
	Máxima	Mínima	Media			
Enero	20.7	3.2	12.0	11.0	97.45	0
Febrero	24.3	1.9	13.1	0.0	131.15	0
Marzo	24.9	6.6	15.7	23.6	135.47	0
Abril	25.5	6.8	16.2	75.2	160.17	0
Mayo	24.9	8.5	16.7	79.4	132.12	0
Junio	23.8	11.4	17.6	186.8	105.00	0
Julio	23.5	10.2	16.8	197.4	141.05	5
Agosto	23.7	17.2	10.7	103.6	136.87	0
Septiembre	23.2	10.7	16.9	87.7	103.65	3
Octubre	23.9	9.0	16.4	66.4	98.37	0
Noviembre	24.6	3.2	13.9	3.8	116.15	0
Diciembre	22.3	1.6	12.0	3.0	84.87	0
Total	285.3	90.3	178.0	837.9	1442.3	8.0
Promedio	23.8	7.5	14.8	69.8	120.2	0.7

MES	Estación de crecimiento			Temperatura del suelo			Radiación solar (cal/cm ² /día)
	Pp	ETP	0.5 ETP	10 cm	20 cm	30 cm	
Enero	11.0	73.09	36.54	12.0	12.8	14.7	366.72
Febrero	0.0	98.36	49.18	12.9	13.7	15.2	482.64
Marzo	23.6	101.60	50.80	16.0	16.5	17.0	472.92
Abril	75.2	120.13	60.06	15.4	17.0	17.8	539.28
Mayo	79.4	99.09	49.55	17.0	18.6	19.0	526.81
Junio	186.8	78.75	39.38	18.3	18.9	19.8	448.03
Julio	197.4	105.79	52.89	18.0	19.2	20.2	519.88
Agosto	103.6	102.65	51.33	17.9	19.5	20.2	524.06
Septiembre	87.8	77.74	38.87	19.9		20.1	448.29
Octubre	66.4	73.78	36.89	18.2		19.3	437.72
Noviembre	3.8	87.11	43.56	15.5		17.7	429.80
Diciembre	3.0	63.65	31.83	12.1		15.4	371.6
Total	837.9	1081.7	540.9	193.2	136.2	216.4	5567.75
Promedio	69.8	90.1	45.1	16.1	17.0	18.0	463.98

Fuente: Mercado M., G. 2005. (40)



Figura 13. Desinfección de la cama del almácigo por solarización.



Figura 14. Producción de plántula de chile jalapeño en invernadero.



Figura 15. Producción de plántula de cebolla en invernadero.



Figura 16. Plántula de tomate de cáscara preparándose para el trasplante.



Figura 17. Panorámica del cultivo base (frijol ejotero).



Figura 18. Tratamiento de frijol ejotero inoculado.



Figura 19. Tratamiento de frijol ejotero sin inocular.



Figura 20. Tratamiento de frijol ejotero sin inocular asociado con tomate de cáscara.



Figura 21. Tratamiento de frijol ejotero inoculado asociado con tomate de cáscara.



Figura 22. El cultivo de cebolla sin inocular, después de la cosecha del frijol ejotero.



Figura 23. Plantas de chile jalapeño en época de cosecha.



Figura 24. Planta de frijol ejotero en época de cosecha.



Figura 25. Plantas de chile jalapeño en época de cosecha.



Figura 26. Cosecha de cebolla de rabo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, R. B. 1998. "Sólo falta la feromona contra el picudo del chile". Manejo Integral de Plagas en Chile. Hortalizas, frutas y flores. Editorial Año dos Mil S. A. México, D. F. 10: 17 – 23.
- Álvarez, L. E. 1957. El frijol ejotero: recomendaciones generales para su cultivo comercial. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D. F. 41 p.
- Anaya, R. S., Bautista, M. N. y Domínguez, R. B. 1992. Manejo fitosanitario de las hortalizas en México. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 401 p.
- Arcocha, G. E. y Ruiz, V. J. 1994 Inoculación contra fertilización química en frijol ejotero. (*Phaseolus vulgaris* L.) en: Torres, G. R., Soria, A. E. M., Pérez, N. C. y García, I. J. 2002. Incrementos de la fijación del nitrógeno mediante la inoculación combinada de bacterias fijadoras de N₂ atmosférico
- Arroyo, P. J. 1999. Fertilización en el cultivo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) con base en análisis de suelo. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 76 p.
- Asgrow Mexicana. 2002. Ejote Strike Western. Boletín informativo. Puebla, México. 2 Págs.
- Asociación Mexicana de Productores Ecológicos. 1993. Normas para la producción de productos orgánicos en México. En: Gómez, T. L. 1996. La agricultura orgánica en México: una opción viable para los agricultores de escasos recursos. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 237p.
- Avilés, R. J. L. 1983. Monografía sobre el cultivo del tomate (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Guerrero. 55 p.
- Barbado, J. L. 2003. huertas orgánicas. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina. 190 p.
- Brewster, L. J. 2001. Las cebollas y otras alliums. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 253 p.
- Burdas, D. 2002. *Rhizobium*, Root Nodules & Nitrogen Fixation. Society for General Microbiology in: [www. microbiologyonline.org.uk](http://www.microbiologyonline.org.uk)
- Camacho, B. S. J. 1999. Manejo integrado del picudo del chile en el Valle de Culiacán. Hortalizas, frutas y flores. Editorial Año Dos Mil S. A. México, D. F. 3:26 – 30.
- Campos, A. J. 1987. Enfermedades del frijol. Editorial Trillas. México, D. F. 132 p.
- Casseres, E. 1984. Producción de hortalizas. Tercera edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 387 p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1979. Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) Informe anual. CIAT. Calí, Colombia. 72 p.
- Cruz, C. P. O. 1997. Evaluación de posibles alternativas para el manejo integrado de plagas del frijol ejotero en Chapingo, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. Pp. 7-15

- De Carlo, B. M. 2000. Nuevas variedades de cebolla blanca, amarilla y roja. Hortalizas, frutas y flores. Editorial Año Dos mil No. 5: 33-36.
- Delgadillo, S. F., Arévalo, V. A. y Torres, P. I. 2000. Manejo de la pudrición blanca del ajo en Guanajuato. Campo Experimental El Bajío. INIFAP-SAGARPA. Guanajuato, México. Desplegable para productores núm. 3.
- Durán, P. A. 1986. Respuesta del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a la inoculación, fertilización nitrogenada y foliar nitrogenada. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 196 p.
- Echevarria, M. N. 2000. Comportamiento de dos variedades de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo tres densidades de siembra en Chapingo, México. Tesis Profesional, Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 91 p.
- Etchevers, D. J. 1992. Interpretación de los análisis químicos de suelo. Centro de edafología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 1-19 pp.
- FAO. 1995. Manual técnico de la fijación del nitrógeno. en: Sánchez-Yañez, J. M. 1999. Inoculación de leguminosas con *Rhizobium* en: www.monografias.com/trabajos16/rhizobium/rhizobium.shtml
- FAO. 2003. FAO Statistical databases. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia
- Froni, L. 1991. Procesos microbianos tomo II. Editorial de la Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Argentina. Pp: 87-127
- Garza, L. J. M. 2002. Tomate verde: factores que determinan los niveles de productividad y rentabilidad en la región centro de México. CIESTAAM-Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 54 p.
- Gómez, B. J. G. 2004. El cultivo del chile, en pleno dinamismo y modernización. Revista "De Riego". Editorial Comunica y diseña. México, D. F. Año 3. No. 12: 5 – 12.
- Gómez, C. M. A., Schwentesius, R. R. y Gómez, T. L. 2001. Agricultura orgánica de México. Datos básicos. SAGARPA-Universidad Autónoma Chapingo. México, D. F. 45 p.
- Gómez, T. L. 1996. La agricultura orgánica en México: una opción viable para los agricultores de escasos recursos. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 237p.
- Gómez, T. L y Gómez, C. M. A. 2005. La agricultura orgánica en México y en el Mundo, en: Cultura orgánica. Editorial Agro Síntesis. México, D. F. No. 1: 10-12.
- González, J. y Lluch, C. 1992. Biología del nitrógeno. en: Torres, G. R., Soria, A. E. M., Pérez, N. C. y García, I. J. 2002. Incrementos de la fijación del nitrógeno mediante la inoculación combinada de bacterias fijadoras de N₂ atmosférico en: www.monografias.com/trabajos12/fibi/fibi.shtml.
- Güemes, G. M. J., Palacios, A. A., Ramírez, R. S. García, P. F., Salazar, P. A. y Inoue, K. 2001. Guía para cultivar tomate de cáscara en el estado de Morelos. INIFAP. Morelos, México. 19 p.

- Guenkov, G. 1974. Fundamentos de la horticultura cubana. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. 355 p.
- Huerta, J., Escalante, J. A., Castellanos, J. Z., Robles, R. y Flores, J. A. 2001. Producción de biomasa y grano en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en función de la fertilización nitrogenada y la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*. En: Torres, G. R., Soria, A. E. M., Pérez, N. C. y García, I. J. 2002. Incrementos de la fijación del nitrógeno mediante la inoculación combinada de bacterias fijadoras de N₂ atmosférico en: www.monografias.com/trabajos12/fibi/fibi.shtml.
- INEGI. 2001. Síntesis de información geográfica del Estado de México. INEGI. Aguascalientes, México. 139 p.
- INEGI y H. Ayuntamiento de Cuautitlán Izcalli. 1997. Cuaderno Estadístico Municipal de Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Edición 1996. INEGI. Aguascalientes, México. 129 p.
- Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados, Fundación Produce Puebla AC. y Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Puebla. 2004. Manejo y control del picudo del tomate de cáscara. Revista De riego. Editorial Comunica y Diseña. México, D. F. Año 3 No. 10: 36-38.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 1982. Ciclos de cultivo: diagramas de las principales especies vegetales con las que se efectúan investigaciones agrícolas en México. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D. F. 92 diagramas.
- Lara, H. 2002. Control de enfermedades fungosas en ajo y cebolla. Revista "De Riego". Editorial Comunica y Diseña. México, D. F. Año 1, No. 1: 15-18.
- Laborde, C. J. A. y Pozo, C. O. 1984. Presente y pasado del chile en México. INIA-SARH. México, D. F. 80 p.
- Lindström, K., Terefework, Z., Souminen, L and Lortet, G. 2002. Signalling and development of *Rhizobium*-legume symbioses, in: Biology and environment. The Royal Irish Academy Vol 102 B, no 1: 61-64.
- Maldonado, M. M. y Torres, G. J. F. 1996. Evaluación de fertilizantes orgánicos en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) variedad CHF-1 Chapingo. Tesis profesional. UACH. Chapingo, México. 59 p.
- Maroto, B. J. V. 1986. Horticultura herbácea especial. 3era. Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 533 p.
- Martínez, A. N. 1998. Evaluación de germoplasma de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 87 p.
- Martínez, C. L. y Villagómez, J. V. A. 1995 Comportamiento de cinco variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en el ejido de Tulantongo, Estado de México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México

- Martínez-Viera, R. 1986. Ciclo biológico del nitrógeno. en: Torres, G. R., Soria, A. E. M., Pérez, N. C. y García, I. J. 2002. Incrementos de la fijación del nitrógeno mediante la inoculación combinada de bacterias fijadoras de N₂ atmosférico en: www.monografias.com/trabajos12/fibi/fibi.shtml.
- Mejía, D. C. 1983. Inoculación con *Rhizobium* y su efecto en los componentes del rendimiento en cuatro especies de *Phaseolus*. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 136 p.
- Meneses, M. I. 1997. Evaluación de variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) en Chapingo, México. Tesis profesional especialidad Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 72 p.
- Mercado, M. G. 2005. Resumen Anual del comportamiento del clima: Estación Almaraz. FES-Cuautitlán, UNAM.
- Mayea, S., Carone, M., Novo, R., Boado, I., Silveira, E., Soria, M., Morales, Y. y Valiño, A. 1998. Microbiología agropecuaria. En: Torres, G. R., Soria, A. E. M., Pérez, N. C. y García, I. J. 2002. Incrementos de la fijación del nitrógeno mediante la inoculación combinada de bacterias fijadoras de N₂ atmosférico en: www.monografias.com/trabajos12/fibi/fibi.shtml.
- Núñez, C. R. D. 2002. Situación actual de la agricultura orgánica. Hortalizas, frutas y flores. Editorial Agro Síntesis, S. A. de C. V. México, D. F. 8: 9-11.
- Ortiz, R. A. 1982. Respuesta de la cebolla (*Allium cepa* L.) a diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y materia orgánica. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Ortiz, V. B. y Ortiz, S. C. 1984. Edafología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 373 p.
- Paterno, S. E. 1975. Legume inoculation and pelleting. ASPAC – Food and Fertilizer Technology Center. Extension bulletin no. 62. University of the Philippines. Manila, Philippines. 11 p.
- Perez, G. M., Márquez, S. F y Peña, L. A. 1997. Mejoramiento genético de hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 380 p.
- Pozo, C. O. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo del chile. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-SARH. México, D. F. 21 p.
- Quintero, E. 2000. Monografía: Manejo agrotécnico del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en Cuba. UCLV. Cuba. Tomado de: Torres G., R., Soria A., E. M., Pérez N., C. y García I., J. 2002. Incrementos de la fijación del nitrógeno mediante la inoculación combinada de bacterias fijadoras de N₂ atmosférico en: www.monografias.com/trabajos12/fibi/fibi.shtml
- Ramírez, V. P. y Acosta, G. J. A. 1994. Factores abióticos que afectan la productividad del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) con énfasis en la sequía. En: Pérez, M. J., Ferrera, C. R. y García, E. R. (Editores) 1994. Diversidad genética y patología del frijol. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México. 141 p.

- Ramírez, S. A., Vera, G. J., Aguilera, P. M. y Garza, G. R. 2003. Preferencia, supervivencia y fecundidad de *Acanthoscelides obtetos* Say, en cuatro genotipos de frijol resistentes a *Apion godmani* Wagner. *Agrociencia*. Vol 37, no. 2:195-202.
- Ramos, Ll. E. 1996. Evaluación de materiales de cebolla (*Allium cepa* L.) en Salamanca, Gto. Tesis profesional especialidad en Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 87 p.
- Rosenstein, S. E. 2003. Diccionario de Especialidades Agroquímicas. 13 edición, 2003. Ediciones PLM S. A. de C. V. México, D. F. 1648 p.
- Salunkhe, D. K. y Kadams, S. S. 2003. Tratado de ciencia y tecnología de las hortalizas: producción, composición, almacenamiento y procesado. Editorial ACRIBIA S. A. Zaragoza, España. 739 p.
- Sánchez-Yañez, J. M. 1999. Inoculación de leguminosas con *Rhizobium* en: www.monografias.com/trabajos16/rhizobium/rhizobium.shtml
- Saray, M. C. R. y Loya, R. J. 1977. El cultivo del tomate en el estado de Morelos. INIA-CIAMEC. Circular núm. 57. Chapingo, México. 24 p.
- SARH. 1985. Guía para la asistencia técnica agrícola. Área de influencia del Campo Experimental del Bajío. Celaya, Gto. P: 82-88
- Secretaría de Agricultura y Ganadería. 1975. Guía para la asistencia técnica agrícola. Área de influencia del campo agrícola experimental "Zacatepec". INIA-CIAMEC. México, D. F. 63 p.
- Secretaría de Economía y Universidad Autónoma Chapingo (2002) Estudio para dar valor agregado al tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) Secretaría de Economía. México. 90 p. en: www.contactopyme.gob.mx/agrupamientos/estudios.asp
- Secretaría de Economía y Universidad Autónoma Chapingo. 2002. Estudio para dar valor agregado en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Secretaría de Economía. México. 120 p. en: www.contactopyme.gob.mx/agrupamientos/estudios.asp
- Secretaría de Economía y Universidad Autónoma Chapingo. 2002. Estudio para dar valor agregado al chile (*Capsicum spp.*) México, D. F. 139 p. en: www.contactopyme.gob.mx/agrupamientos/estudios.asp
- Secretaría de Economía y Universidad Autónoma Chapingo. 2002. Estudio para dar valor agregado en cebolla (*Allium cepa* L.). Secretaría de Economía, México. 139 p. en: www.contactopyme.gob.mx/agrupamientos/estudios.asp
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2004. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos 2003. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Naturales y Pesca. México, D. F. 955 p
- Sobrinó, I. E. y Sobrinó, V. E. 1992. Tratado de horticultura herbácea vol. II: hortalizas de legumbres, tallo, bulbo y tuberosas. Editorial AEDOS. Barcelona, España. 333 p.

- Schwentesius, R. R. y Gómez, C. M. A. 1992. "Principales indicadores del Sector Hortícola en México para la negociación de una Tratado Trilateral de Libre Comercio" en El Sector Agropecuario Mexicano frente al Tratado de Libre Comercio. Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, Universidad Autónoma Chapingo. Juan Pablos Editor, p 108-135.
- Tapia, N. R. 1994. Evaluación de variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) en Chapingo, México. Tesis profesional especialidad en fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 112 p.
- The current taxonomy of rhizobia en: www.rhizobia.co.nz/Rhizobia_Taxonomy.html
- Torres, G. R., Soria, A. E. M., Pérez, N. C. y García, I. J. 2002. Incrementos de la fijación del nitrógeno mediante la inoculación combinada de bacterias fijadoras de N₂ atmosférico en: www.monografias.com/trabajos12/fibi/fibi.shtml.
- Valadez, L. A. 1994. Producción de hortalizas. UTEHA/Noriega Editores. México, D. F. 298 p.
- Vega, R. E. J., Santos, A. A. y Reyes, M. G. 2004. Producción de haba (*Vicia faba* L.) inoculada con *Rhizobium leguminosarum* Frank, empleando tres densidades de siembra para evaluar el rendimiento en grano con manejo orgánico. UNAM - FES-Cuautitlán. México, 73 p.
- Vega, R. E. J., García, P. M. A. y Gómez, S. O. 2002. Cultivo de cebolla *Allium cepa* Lin. Variedad Contessa mediante manejo integrado en terrenos de la FESC. UNAM. Cuautitlán Izcalli, México. 37 p.
- Wang, T., Martínez, R. J. y López, L. I. 2004. *Rhizobium* y su destacada simbiosis con plantas en: www.biblioweb.dgsca.unam.mx/libros/microbios/Cap6/capitulo.