

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

“EVALUACIÓN A LA RESPUESTA DEL PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.) VARIEDAD CANON Y DEL PEPINO (*Cucumis sativa* L.) VARIEDAD PRIMAVERA A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO AGRÍCOLA

PRESENTA

MARÍA ESTEFANY RIVERA ALEGRÍA

DIRIGIDA POR

Dr. Juan Ramiro Pacheco Aguilar.

SANTIAGO DE QUERÉTARO, QUERÉTARO, 2013



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

“EVALUACIÓN A LA RESPUESTA DEL PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.) VARIEDAD CANON Y DEL PEPINO (*Cucumis sativa* L.) VARIEDAD PRIMAVERA A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO AGRÍCOLA

PRESENTA

MARÍA ESTEFANY RIVERA ALEGRÍA

DIRIGIDA POR

Dr. Juan Ramiro Pacheco Aguilar.

SINODALES

Dr. JUAN RAMIRO PACHECO AGUILAR
DIRECTOR

Dr. RAMÓN MARTÍNEZ PENICHE
SINODAL

Dra. MONTSERRAT HERNÁNDEZ ITURRIAGA
SINODAL

Ing. ALEJANDRO CAMACHO MORALES
SINODAL

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a Dios la vida prestada, la familia proporcionada y cada uno de los momentos en los cuales me ha colocado, porque gracias a ellos he aprendido y he ido creciendo en conocimiento. Le agradezco cada una de las pruebas que hemos ido pasando juntos y sobre todo le agradezco que a lo largo de estos años nunca me haya dejado sola.

Agradezco a mi Padre por el apoyo recibido y por el esfuerzo que día a día hace, por las enseñanzas proporcionadas y por los buenos momentos que a lo largo de esta vida hemos compartido.

A mi madre por cuidarme desde otra perspectiva.

A mi madre adoptiva por estar ahí observando y apoyándome.

A mis hermanos, porque cada uno ha sabido transmitirme su alegría, porque han estado en los momentos que mas los he necesitado y porque son la luz de mi vivir.

A mi abuelita por escucharme y tenderme sus brazos cuando más lo eh necesitado, por ser mi otra mamá en los momentos de prueba y por enseñarme a amar a Dios con su propio ejemplo y por amarme infinitamente.

A cada uno de mis tíos y primos, porque todos han sabido estar en los momentos precisos y porque me han enseñado el valor de una familia.

A mis amigos, porque a su lado eh llorado, he reído y sobre todo hemos aprendido juntos la importancia de la amistad a tal grado de convertirnos en una verdadera familia.

A cada uno de mis maestros, porque sin sus enseñanzas y sobre todo su paciencia yo no sería lo que ahora soy.

A las instituciones en las cuales he cursado mis estudios, por abrirme las puertas y por proporcionarme los medios para poder desarrollarme de la manera más adecuada y completa.

A todos los que en algún momento han compartido conmigo este andar porque gracias a las vivencias compartidas y a las enseñanzas aprendidas, he podido forjar lo que ahora soy.

Les doy las gracias a todos ustedes, confiando plenamente que Dios Padre les recompensará por todo lo proporcionado.

Los quiero mucho...

Dedico el presente trabajo de investigación científica como signo de mi gratitud a Dios, a mi familia, director y maestros así como a mis amigos y compañeros de toda la vida.

“Nulla ti turbí, nulla ti spaventi.

Chi ha Dio non manca di nulla.

Dio solo ti basta.”

Santa Teresa di Gesù.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	
I. ANTECEDENTES	1
I.1. El suelo y la rizosfera.	1
I.2. Rizobacterias e inoculantes.	3
I.3. <i>Bacillus subtilis</i> .	6
I.4. <i>Trichoderma harzianum</i> .	8
I.5. Uso de biofertilizantes en la agricultura.	9
I.6. Importancia económica y producción en México.	9
I.7. Cultivo de pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L.).	15
I.7.1. Taxonomía, descripción botánica y distribución mundial.	15
I.7.2. Cultivo de pimiento en México.	20
I.7.3. Valor comercial y nutricional.	21
I.7.4. Clasificación comercial del pimiento.	28
I.8. Cultivo de Pepino (<i>Cucumis sativa</i> L.).	30
I.8.1. Taxonomía, descripción botánica y distribución mundial.	30
I.8.2. Propiedades nutritivas y curativas.	33
I.8.3. Clasificación comercial de los pepinos.	34
II. HIPÓTESIS	39
III. OBJETIVOS	40
III.1. General.	40
III.2. Específicos.	40
IV. METODOLOGÍA	41
IV.1. Materiales.	41

IV.1.1. Material biológico.	41
IV.1.2. Medios de cultivo.	42
IV.2. Métodos.	42
IV.2.1. Activación del inóculo.	42
IV.2.2. Efecto de las cepas P12 y P17 en pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Rio Grande.	42
IV.2.3. Efecto de las cepas P12 y P17 en pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Canon.	43
IV.2.4. Secado de frutos de pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Canon.	45
IV.2.5. Medida del color en frutos de pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Canon.	45
IV.2.6. Extracción y cuantificación de carotenoides totales en Pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Canon.	46
IV.2.7. Determinación de ácido ascórbico en pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv Canon.	47
IV.2.8. Efecto de las cepas M6, P3, P12 y P17 en pepino (<i>Cucumis Sativus</i> L.) cv. Primavera.	47
IV.2.9. Evaluación de los productos comerciales Bactiva NP y Endospor en pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) cv. Primavera.	48
IV.3. Diseño experimental.	49
V. RESULTADOS	50
V.1. Efecto de las cepas P12 y P17 en pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Rio Grande.	50
V.2. Efecto de las cepas P12 y P17 en pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Canon.	53
V.3. Color en frutos de pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Canon.	57
V.4. Ácido ascórbico y carotenoides totales en pimiento morrón	58

	(<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Canon.	
V.5.	Efecto de las cepas M6, P3, P12 y P17 en pepino (<i>Cucumis Sativus</i> L.) cv. Primavera.	59
V.6.	Evaluación de los productos comerciales Bactiva NP y Endospor en pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) cv. Primavera.	63
VI.	DISCUSIÓN	65
VII.	CONCLUSIONES	69
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	70

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Clasificación de hortalizas.	10
2	Producción anual de pimiento morrón en el Estado de Hidalgo.	11
3	Precio de pimiento morrón en centrales de abasto de México.	12
4	Principales países exportadores de pimiento a nivel mundial.	13
5	Pimientos de mayor consumo.	18
6	Resultados bromatológicos proximales de pimiento morrón rojo.	24
7	Valor nutricional del pepino en 100 g de sustancia comestible.	33
8	Componentes del fertilizante empleado en la producción de plántula de pimiento morrón.	43
9	Tratamientos usados para la inoculación de semillas de pepino.	49
10	Efecto de la inoculación de las cepas P12 y P17 en pimiento cv. Rio Grande.	51
11	Porcentaje de germinación en pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Canon.	54
12	Efecto de las cepas P12 y P17 sobre los frutos de pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Canon.	55
13	Frutos cosechados de pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Canon de acuerdo a su peso en gramos.	56
14	Efecto del color (L, a, b, C, h°) en frutos de pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Canon.	58
15	Contenido de ácido ascórbico y carotenoides totales en frutos de pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Canon.	59
16	Porcentaje de germinación en Pepino (<i>Cucumis Sativus</i> L.) cv. Primavera.	60
17	Valores de producción en pepino (<i>Cucumis Sativus</i> L.) cv. Primavera.	61
18	Promedio de frutos de pepino según la clasificación de calidad	63

para exportación.

19 Indicadores productivos en el pepino.

64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Participación en valor de las exportaciones mexicanas de Hortalizas.	15
2	Diversidad de formas y colores de pimientos.	16
3	Formas y tamaños de pimiento para la industria.	17
4	Frutos rojos de pimiento.	17
5	Especies de chiles domesticados.	21
6	Oxidación del ácido ascórbico a dehidroascórbico.	23
7	Estructura de los carotenoides responsables del color rojo del género <i>Capsicum</i> .	26
8	Estructura básica de los principales grupos de flavonoides.	27
9	Planta de pepino en desarrollo.	32
10	Frutos de pepino	33
11	Ensayos de germinación en pimiento morrón cv. Rio Grande.	50
12	Pesos de los vástagos frescos y secos de pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Rio Grande.	52
13	Pesos de la raíz fresca y seca de pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Rio Grande.	52
14	Efecto de la inoculación de las cepas P12 y P17 en la calidad de plántula de pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Rio Grande.	53
15	Plántulas de pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Canon a tres semanas de la siembra.	54
16	Frutos cosechados de pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.) cv. Canon.	56
17	Germinación en pepino (<i>Cucumis Sativus</i> L.) cv. Primavera.	61
18	Kilogramos acumulados de frutos de pepino según la cepa inoculada.	62
19	Valores promedio de los indicadores productivos evaluados en	66

el cultivo de pepino.

RESUMEN

En la actualidad, ante la creciente demanda de alimentos a nivel mundial es necesario buscar estrategias de producción agrícola, las cuales nos permitan obtener una mayor producción de estos sin dañar al medio ambiente. Por ello el uso de microorganismos como micorrizas, rizobacterias y bacterias promotoras de crecimiento, representan una buena propuesta para alcanzar esta meta. Por lo anterior, en el presente trabajo se evaluó el efecto de la inoculación de cuatro cepas bacterianas (M6, P3, P12 y P17) caracterizadas como *Bacillus subtilis* sobre la producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Rio Grande y cv. Canon, así como de pepino (*Cucumis Sativus* L.) cv. Primavera, obteniendo que la cepa P12 para el pimiento morrón cv. Rio grande propicio una mayor germinación (93.33%) y una mejor calidad en la plántula (12.77 cm en altura, 11.20 g en raíz y 3.44 mm de espesor en tallo), mientras que para la cv. Canon la cepa P17 fue la que presento mejores características tanto en germinación (98.5 %) como en sus frutos (131.22 mg/100 g de ácido ascórbico, 1.82 frutos/planta, 69.13 ASTA en carotenoides). En el caso del pepino cv. Primavera también la cepa P17 desarrollo mejores características desde el momento de la germinación (100%) hasta la producción final (9.20 kg/planta). Como comparación con las cepas estudiadas, se probaron dos productos comerciales conocidos como Bactiva Np (*Bacillus subtilis*) y Endospor (*Trichoderma harzianum*) mostrando que la combinación de estos en una proporción de 1kg de cada uno aumentan notablemente la cantidad de kilogramos totales producidos por m² (18.40 kg). El uso de microorganismos, ya sean cepas obtenidas dentro de laboratorio (M6, P3, P12 y P17) o productos comerciales (Bactiva NP y Endospor) mejoran notablemente la producción en cultivos de Pimiento morrón cv. Rio Grande y Canon así como de pepino cv. Primavera, reflejándose en la cantidad de kilogramos obtenidos por hectárea cultivada.

ANTECEDENTES

I.1. El suelo y la rizosfera

El suelo, definido por Lewis y Sax en el año de 1993, es una mezcla de rocas y componentes orgánicos resultantes de la degradación de vegetación anteriormente existente. En el componente inorgánico existen ocho elementos presentes en cantidad superior a 1 % (oxígeno, silicio, aluminio, hierro, calcio, sodio y potasio), la mayoría de los cuales se hallan en forma iónica. También están presentes agua y aire, entre los espacios de las partículas o absorbidos a sus superficies. Muchos se hallan en proporciones inferiores, entre los que podemos citar a los oligoelementos en concentraciones inferiores a 1000 ppm. Tanto el nitrógeno como el fósforo están asociados al contenido orgánico. Su concentración es de 1 %, pero desempeñan un papel importante en la vida animal y vegetal". Por lo anterior al suelo se le considera como una excelente base para el crecimiento y desarrollo de las plantas así como también como el hábitat ideal de una gran cantidad de microorganismos (Brack y Mendiola, 2001).

El suelo es uno de los recursos más utilizados en la agricultura para satisfacer las necesidades de alimento de la población; además de su gran complejidad y debido a su estructura, función y a la forma en que sus componente biológicos y minerales se organizan, el suelo presenta diferentes regiones funcionales (Rodríguez, 2007).

Una de estas regiones está dada por el área de influencia de la raíz conocida como rizosfera que a menudo se divide en dos áreas: la más interior localizada en la superficie de las raíces (rizoplano) y la rizosfera exterior que corresponde al suelo adyacente, las cuales constituyen de 2 % a 3 % del volumen total del suelo (Badalucco y Nannipieri, 2007).

La rizosfera está conformada por el sistema radical desarrollado en el suelo, la capa del suelo en contacto con ella y la zona de influencia, donde los productos liberados por la raíz y la dinámica biológica y ecológica de los microorganismos dan como resultado un microambiente (Lugtenberg y Kamilova, 2009). La mayoría de estos productos de la raíz son compuestos orgánicos y constituyentes normales de las plantas derivados de la fotosíntesis y otros procesos biológicos. Los compuestos orgánicos e inorgánicos exudados por las raíces estimulan o inhiben el desarrollo y la actividad de los microorganismos, particularmente bacterias y hongos (Dobbelaere y col., 2003; Uren, 2007).

Los procesos que se llevan a cabo en esta zona incluyen la transformación de los nutrientes, ya que la actividad de los microorganismos facilita el ciclaje y la entrada de nutrientes a las plantas, por tanto, es en esta zona donde se llevan a cabo la mayoría de las transformaciones biológicas.

Dentro de la rizosfera, la ecología microbiana puede distinguir a los microorganismos denominados agentes de biocontrol y a los biofertilizantes, de los cuales se distinguen tres grupos: los microorganismos fijadores de nitrógeno, los hongos que forman micorrizas y las bacterias que promueven el crecimiento de las plantas (Ocampo y col., 2001; Díaz-Vargas y col., 2001).

En el caso de las bacterias fijadoras de nitrógeno los esfuerzos se han orientado a leguminosas, con su relación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*, las gramíneas con su interacción con *Azospirillum* y en poco o casi nada hacia las hortalizas (Ocampo y col., 2001; Rey y col., 2005).

En cuanto a la simbiosis denominada micorriza, ésta se lleva a cabo entre las raíces de la mayoría de las plantas y algunos hongos del suelo, se puede decir que la planta recibe diferentes efectos benéficos que pudieran ayudar a mantener una producción de manera sustentable (Ocampo y col., 2001).

I.2. Rizobacterias e inoculantes

Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal o rizobacterias, son aquellas que, como su nombre lo indica, estimulan el crecimiento y tienen la capacidad para sintetizar sustancias reguladoras del crecimiento. Estas sustancias son compuestos naturales que afectan diversos procesos de las plantas, entre los que se encuentran las auxinas, giberelinas, citocininas, ácido indolacético, etileno y ácido abscísico. Cuando estas sustancias son producidas en forma endógena por las plantas, se les denomina hormonas vegetales o fitohormonas (Loredo y col., 2004; Terry y col., 2005).

Para las rizobacterias existen dos tipos de simbiosis, la mutualista y la asociativa. En la primera las bacterias forman nódulos en las raíces de las leguminosas; mientras que en la segunda, las rizobacterias aprovechan el microambiente para desarrollarse y así mejorar las transformaciones biológicas que ahí se desarrollan (Echegaray y col., 1995).

En general, las bacterias simbióticas son consideradas promotoras del crecimiento vegetal debido a su capacidad para estimular directamente el crecimiento de las plantas a través de diversos mecanismos, como el aporte de nitrógeno por el proceso de fijación biológica de nitrógeno atmosférico, producción de sustancias reguladoras de crecimiento, solubilización de minerales y nutrimentos, incremento del volumen de la raíz, inducción de resistencia sistémica a patógenos, inhibición del crecimiento de organismos antagónicos e interacción sinérgica con otros microorganismos del suelo, la producción de fitohormonas y la liberación de sideróforos, la solubilización del fosfato y la síntesis de enzimas que alteran los niveles de fitohormonas y control de fitopatógenos. (Loredo y col., 2004; Brimecombe y col., 2007).

Entre las bacterias de vida libre o simbióticas destacan, dentro del grupo de aerobias por su potencial como biofertilizante o promotoras de crecimiento, los géneros *Azobacter*, *Beijerinckia*, *Derxia* y *Azospirillum*; en las aerobias facultativas están *Enterobacter*, *Pseudomonas* y *Bacillus*; de los géneros de anaerobias, se encuentran la *Metanobacterium*, *Clostridium* y *Desulfovibrio* (Díaz y col., 2001; Holguin y col., 2003; Glick y col., 2007).

En general las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas, como inoculantes microbianos, re-establecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementando la producción de los cultivos y su protección, además conservando los recursos naturales, generando una agricultura y un medio ambiente más sostenible (Peñafiel, 2005).

Entre los efectos sobre el desarrollo de los cultivos se pueden encontrar (Peñafiel, 2005):

1. En Semilleros:

- Aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico.
- Aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas.
- Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas.

2. En plantas:

- Generación de un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades.
- Consumo de los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades.
- Incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos.

- Promoción de la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas.
- Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar.

3. En los suelos:

- Efectos en las condiciones físicas del suelo: acondicionador, mejora de la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego, tornando los suelos capaces de absorber 24 veces más las aguas de lluvia, evitando la erosión, por el arrastre de las partículas.
- Efectos en las condiciones químicas del suelo: mejora la disponibilidad de nutrientes, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radicular.
- Efectos en la microbiología del suelo: suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo, por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen (Peñañiel, 2005).

En la actualidad, la inoculación de semillas es un método muy utilizado en comparación con la incorporación del inoculante al suelo. Sin embargo, la inoculación sobre la superficie del suelo presenta ventajas tales como permitir un aumento de la dosis inoculada y la posibilidad de poder realizar una re-inoculación después de la siembra (Smith, 1992). Más aún, la dosis inoculada puede aumentarse hasta 50 veces más cuando se inocula directamente sobre el suelo (Nelson y col., 1978).

Es bien conocido que las rizobacterias, inoculadas en semillas, aumentan el porcentaje de germinación y la biomasa debido a que producen sustancias promotoras del crecimiento de las plantas, tales como el ácido indolacético, citoquininas, giberelinas y sideróforos (Monzón de Asconegui, 2003), sustancias que estimulan la aparición de raíces laterales, aumentan la densidad y longitud de los pelos radicales, incrementando así el volumen radical; lo que permite que el potencial de absorción de nutrientes y de agua se eleven, beneficio que en el caso de los cultivos de zonas áridas y semiáridas, constituye una ventaja aún mayor.

La práctica de la inoculación puede aportar diferentes beneficios a los cultivos en el momento de la germinación y en los estados de su desarrollo posterior, lo que determina incrementos en la producción primaria.

Entre los inoculantes comúnmente usados se encuentran las bacterias *Bacillus subtilis*, descubiertas en el año de 1872 por Robert Koch, las cuales tienen la capacidad de formar endosporas resistentes, las que les permiten tolerar ambientes extremos, como altas temperaturas.

La introducción, por medio de la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas se perfila como una tecnología económica para incrementar la producción de cultivos y a su vez, reducir el uso masivo de fertilizantes con la consiguiente protección al agro ecosistema.

1.3. *Bacillus subtilis*

Bacillus subtilis es una bacteria Gram positiva, aerobio facultativo comúnmente encontrada en el suelo. Tiene la habilidad para formar una resistente endospora protectora, permitiendo al organismo tolerar condiciones ambientales extremas (Aguavil y Enriquez, 2011).

Otros elementos que caracterizan a los *Bacillus sp.* es la producción de enzimas hidrolíticas que ayudan a mejorar la utilización de los alimentos. Dentro de éstas se encuentran las proteasas, amilasas y las glicosidasas que descomponen las complejas moléculas de los alimentos y las transforman en nutrientes más simples. Estos compuestos son absorbidos más rápidamente por el animal o pueden ser empleados por otras bacterias benéficas para el establecimiento de una microflora intestinal balanceada. El empleo de las bacterias y sus endosporas también viene dado por su capacidad de producción de enzimas. Éstas, además de mejorar la digestión en el hospedero, son capaces de inhibir el crecimiento microbiano de bacterias dañinas (Aguavil y Enriquez, 2011).

González y Fragoso (2002), señalan que la bacteria *Bacillus subtilis* no es potencialmente patógena a las plantas, es decir, no produce endotoxinas, por el contrario, secreta proteínas al medio, algunas de ellas con propiedades antifúngicas como la subtilina y otros antibióticos de la familia de las iturinas, por ello, industrialmente es usada como insecticida y fungicida.

Bacillus subtilis es conocido por ser antagonista de muchos hongos patógenos vegetales como *Fusarium* y *Rhizoctonia Solani* en Solanáceas (Sandoval, 2004), lo cual es logrado a través de mecanismos que incluyen la competencia de nutrientes, la colonización de la bacteria dentro del patógeno y la liberación de componentes celulares durante el crecimiento, entre otros (Butt y col., 1999).

El tratamiento de semillas como los cereales, maíz dulce y zanahorias con suspensiones acuosas, pastas o polvos que contienen a la bacteria *Bacillus subtilis*, han protegido a las plantas contra los patógenos de la raíz y ha adoptado como resultado un mejor crecimiento y producción de esos cultivos. Cuando varias clases de frutos de hueso, es decir, duraznos, nectarinas, albaricoques y ciruelos, fueron tratados, después de haber sido cosechados, con suspensiones de la bacteria *B.*

Subtilis, permanecieron libres de pudrición café causada por el hongo *Monilinia frutícola*, cuando menos durante nueve días (Agrios, 1997).

I.4. *Trichoderma harzianum*

Las especies de *Trichoderma sp.*, son hongos cosmopolitas y típicamente del suelo que pueden ser llevados a sustratos en el cultivo de hongos comestibles (Romero y col., 2009). Se han descrito, hasta la fecha, cerca de 40 especies de *Trichoderma sp.* Sin embargo, basados en su morfología anamorfa del orden de los Hypocreales, el número real podría ser más de 200 especies (Samuels, 1996).

La temperatura óptima para su crecimiento lineal en agar y producción de micelio se encuentra entre 20 y 28 °C, aunque desarrolla bien entre 6 a 32 °C. El contenido mínimo de humedad para su crecimiento vegetativo es de 92 % y para su esporulación es de 93 a 95 %. Esta especie tiene cierta respuesta a la luz, especialmente al azul y al violeta. La luz promueve la formación de esporas, el crecimiento de micelio y la coloración (Hidalgo, 1989; Domsch y col., 1993).

Trichoderma harzianum, puede encontrarse en diferentes materiales orgánicos y suelos, está adaptado a diferentes condiciones ambientales lo que facilita su amplia distribución. Este hongo es ampliamente conocido por su producción de toxinas y antibióticos (Romero y col., 2009).

El uso de *Trichoderma sp.*, para el control de enfermedades fungosas es hoy en día un práctica generalizada en la agricultura. Su empleo se justifica por las relaciones antagonistas que establece fundamentalmente, con los hongos fitopatógenos que viven en el suelo, además de la influencia que ejerce sobre el crecimiento vegetativo de algunas plantas de importancia económica (Andreú y col., 1992; González y col., 1999).

I.5. Uso de biofertilizantes en la agricultura

Los biofertilizantes son preparados de microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos (Armenta-Bojórquez y col., 2010).

Los microorganismos utilizados en los biofertilizantes son clasificados dentro de los siguientes grupos (Armenta-Bojórquez y col., 2010):

- Microorganismos que tienen la capacidad de sintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fósforo inorgánico y mejorando la tolerancia al estrés por sequía, salinidad, metales tóxicos y exceso de pesticidas;
- Microorganismos capaces de disminuir o prevenir los efectos de deterioro de microorganismos patógenos; y
- Microorganismos que pueden presentar tanto las características del grupo uno, como las del dos.

En la actualidad, el uso de biofertilizantes, además de que incrementa la fertilidad del suelo, favorece el antagonismo y el control biológico de fitopatógenos., es amable con el ambiente, ya que ayuda a disminuir el uso de fertilizantes inorgánicos, y suministra nutrientes a las plantas (Driutti y col., 2006; Aguirre y col., 2009).

I.6. Importancia económica y producción de hortalizas en México

México se encuentra en cuarto lugar a nivel mundial de producción y exportación de hortalizas y el número uno en el continente, ya que cuenta con una gran diversidad de climas y ecosistemas, los cuales le permiten producir este tipo de

cultivos durante todo el año, lo que constituye una enorme ventaja en contra de los otros países productores (Financiera Rural, 2008).

En el país se producen alrededor de 70 variedades de hortalizas, y se encuentran clasificadas en siete diferentes grupos, los cuales se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de hortalizas.

Clasificación	Hortaliza
Semillas-granos	Chícharo, haba, arveja, vainita, elote, ejote
Frutos	Tomates, chiles en todas las variedades, berenjena, pimientos, sandía, melón, chayote.
Bulbos	Ajo, cebolla, puerro, poro, chalota, etc.
Coles	Repollo, brécol, coles de brúcelas
Hojas	Col de brúcelas, col china, repollo, brécol, espinaca, acelga, lechuga, nabo, berro, pápalo, quelite, etc.
Tallos tiernos	Achícora, borraja, cardo, endibias, escarola, espárrago, apio.
Pepónidas	Calabacín, calabaza, pepino, chilacayote.
Raíces	Zanahoria, rábano, remolacha de mesa, betabel, papas, papanabo.
Flores comestibles	Alcachofa, flor de calabaza, brócoli, coliflor.

Fuente: Financiera Rural, 2008

En el ámbito geográfico la producción hortalizas está concentrada en la región del Bajío y noroeste del país. El valor de la producción de las principales 20 hortalizas producidas por estado suman más de 50 % del valor de la producción nacional, destacando Sinaloa con la producción de tomate rojo y chile verde, y Baja California Norte y Sur en la producción de tomate rojo (Financiera Rural, 2008).

En México el pimiento se encuentra entre las principales hortalizas frescas más demandadas, lo que representa un negocio en plena expansión y con oportunidades y posibilidades de alta rentabilidad.

En el estado de Querétaro el pimiento morrón solo se cultiva en los municipios de Tolimán, San Juan del Río, El marqués, Pedro Escobedo y Huimilpan, bajo la modalidad de invernadero, con una superficie cosechada de 24.4 Ha y un aporte económico equivalente a 19,650,575.00 pesos (SEDEA, 2010).

En el estado de Hidalgo el cultivo de pimiento morrón presentó una producción de 220 toneladas con un rendimiento de 20 Ton/Ha en 2009, producción reportada sólo por el municipio de Actopan (Cuadro 2). Los precios presentados a partir del 2011 dentro de las centrales de abasto se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 2. Producción anual de pimiento morrón en el Estado de Hidalgo.

Año	Superficie sembrada (Ha)	Superficie cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	Precio medio rural (\$/Ton)	Valor de la producción (miles de pesos)
2009	11.0	11.0	220.0	20.0	9,000.00	1980.00
2008	4.0	4.0	92.0	23.0	9,000.00	828.00
2007	21.0	21.0	442.0	21.05	8,000.00	3,536.00
2006	46.0	44.0	782.0	17.77	8,877.24	6,942.00

FUENTE: <http://www.siap.gob.mx>.

De acuerdo con información obtenida por TRADE MAP, Estados Unidos de América (EE. UU.) es el mayor importador de pimiento con 763, 108 toneladas. En el caso de las exportaciones, México se coloca en la primer posición de entre los diez principales países, exportando 644,560 toneladas, seguido de España con 446, 300 ton siendo éste el principal país de la Unión Europea en exportar pimiento (Cuadro 4).

Cuadro 3. Precio de pimienta morrón en centrales de abasto de México (Agosto, 2011)

Producto	Origen	Destino	Mínimo	Máximo	Frecuente
Kilogramo	Aguascalientes	Aguascalientes: centro comercial agropecuario de Aguascalientes	8.50	9.00	9.00
Caja de 10 kg	Baja California	Baja California: Central de Abasto INDIA, Tijuana	130.00	130.00	130.00
Caja de 15 kg	Baja California Sur	Baja California Sur: Unión de Comerciantes de la Paz	200.00	240.00	200.00
Kilogramo	Distrito Federal	Campeche: Mercado "Pedro Sainz de Baranda", Campeche	30.00	30.00	30.00
Kilogramo	San Luis Potosí	Coahuila: Central de Abasto de La Laguna, Torreón.	11.00	12.00	11.00
kilogramo	Puebla	Chiapas: Central de Abasto de Tuxtla Gutiérrez	35.00	37.00	35.00
Caja de 12 kg	Guanajuato	DF: Central de Abasto de Iztapalapa, DF.	60.00	80.00	70.00
kilogramo	Jalisco	Durango: Central de Abasto "Francisco Villa"	15.00	17.00	15.00
kilogramo	Nuevo León	Durango: Centro de distribución y Abasto de Gómez Palacio	13.00	14.00	13.50
kilogramo	Guanajuato	Guanajuato: Central de Abasto de León	14.00	15.00	15.00
kilogramo	Guanajuato	Guanajuato: Mercado de Abasto de Celaya ("Benito Juárez")	18.00	20.00	20.00
kilogramo	México	Guanajuato: Módulo de Abasto Irapuato	15.00	18.00	16.00
kilogramo	Distrito Federal	México: Central de Abasto de Ecatepec	15.00	18.00	15.00
Caja de 12 kg	Michoacán	Michoacán: Mercado de Abasto de Morelia	190.00	200.00	200.00
Caja de 12 kg	Distrito Federal	Morelos: Central de abasto de Cuautla	120.00	130.00	120.00
Caja de 10 kg	Jalisco	Nayarit: Mercado de abasto "Adolfo López Mateos" de Tepic	110.00	110.00	110.00
Caja de 10 kg	Guanajuato	Nuevo León: Mercado de abasto "Estrella" de San Nicolás de los Garza	80.00	120.00	90.00
Caja de 12 kg	Sinaloa	Querétaro: Mercado de abasto de Querétaro	180.00	200.00	190.00
Caja de 10 kg	Distrito Federal	Quintana Roo: Mercado de Chetumal, Quintana Roo.	210.00	210.00	210.00
kilogramo	Jalisco	Sinaloa: Central de Abasto de Culiacán	12.00	12.00	12.00
Caja de 10 kg	Sonora	Sonora: Central de abasto de Cd. Obregón	170.00	180.00	170.00
kilogramo	Jalisco	Sonora: Mercado de abasto "Francisco I. Madero" de Hermosillo	15.00	16.00	15.00
Caja de 10 kg	Distrito Federal	Tabasco: Central de abasto de Villa Hermosa	100.00	104.00	100.00
Caja de 16 kg	Nuevo León	Tamaulipas: Módulo de Abasto de Reynosa	150.00	160.00	150.00
Caja de 10 kg	Puebla	Tamaulipas: Módulo de abasto de Tampico, Madero y Altamira	280.00	300.00	300.00
kilogramo	Puebla	Veracruz: Central de abasto de Jalapa	7.00	8.00	7.00
kilogramo	Puebla	Veracruz: Central de abasto de Minatitlán	16.00	17.00	16.00
Caja de 12 kg	Puebla	Veracruz: Mercado Malibrán	200.00	230.00	230.00
kilogramo	Distrito Federal	Yucatán: Centro mayorista Oxxutzcab	22.00	22.00	22.00
kilogramo	Distrito Federal	Yucatán: Mercado "Casa del Pueblo"	25.00	25.00	25.00

FUENTE: www.economia-sniim.gob.mx

Cuadro 4. Principales países exportadores de pimienta a nivel mundial (cifras 2010).

Posición	País	Producción de pimienta exportadas (Ton)
1	México	644,560
2	España	446,300
3	Países bajos (Holanda)	421,103
4	EE. UU.	107,278
5	Canadá	98,080
6	Marruecos	75,849
7	China	71,275
8	Turquía	61,247
9	Jordania	36,407
10	Italia	32,682

FUENTE: <http://www.trademap.org>

EE. UU. importa 24 % de las importaciones mundiales de pimienta morrón, con una tasa de crecimiento de 8 % entre 2006 y 2010. Durante el 2010 EE.UU, importó de México 639,714 ton con una participación del 64.6 % posicionándose México como el país número uno en exportar a EE.UU. (TRADEMAP, 2011). La demanda es cada vez mayor al presentarse con nuevas tendencias en los consumidores exigiendo un producto con cualidades más específicas.

La producción de pimienta morrón para comercialización es un negocio en pleno crecimiento para el mercado internacional. Una de las oportunidades de inversión más rentables y de mayor futuro en México, ya que cuenta con los primeros lugares de producción y exportación de pimienta dulce.

Del total de divisas que ingresan al país por la exportación de productos agrícolas, el pepino aporta un promedio de 11 % (Gómez y Schewentesius, 1997), porcentaje

que se tradujo en un volumen de ventas de 374,289 toneladas durante el año 2001 cuyo valor ascendió a 192 millones de dólares, convirtiendo a México en el primer exportador mundial.

El cultivo de pepino es uno de los más importantes a nivel mundial (Eifediyi y Remison, 2010); por ejemplo, en México es uno de los más rentables con un valor promedio de producción de 1331.6 millones de pesos; no obstante, este cultivo demanda alta cantidad de fertilizantes (Mohammadi y Omid, 2010).

La producción mundial de pepino se encuentra encabezada por la República Popular China con 63 % del total en 2002, seguido por Turquía con 4.8 %, Irán con 3.6 % y EE.UU. con 3 %, mientras que México se encuentra ubicado en el lugar número 11 con una porción de solo 1.15 %.

A pesar de que el pepino es la cuarta hortaliza en importancia para México, en referencia a las exportaciones, su relación cantidad exportada/cantidad producida se encuentra cerca del 90 %, lo convierte en un elemento clave a la hora de diseñar políticas exportadoras para estos productos.

Dentro de la República Mexicana el principal estado productor de pepino es Sinaloa con un 49.3 % del total nacional, seguido por Michoacán con un 18.2 %. A continuación aparecen Baja California, Morelos, Veracruz y Guerrero con 8, 6.9, 3.9 y 2.3 %, respectivamente.

En base a lo anterior y tomando en cuenta que el consumo per capita dentro del país es 6 veces menor en comparación con el consumo mundial, la exportación de este producto se vuelve muy importante, siendo EE. UU. el principal destino con un 90 %, seguido por Canadá y en último término la Unión Europea. Cabe señalar que gracias a las exportaciones realizadas de este producto la fuente de divisas para

México es capaz de generar 25,000 empleos directos y 20, 000 empleos indirectos, lo que ocasiona que la economía se active continuamente.

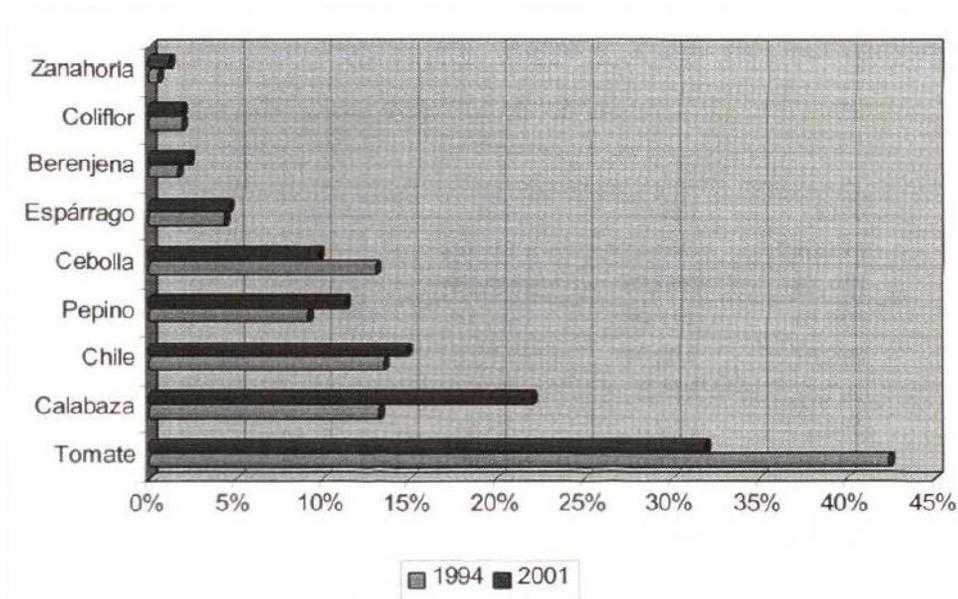


Figura 1. Participación en valor de las exportaciones Mexicanas de hortalizas

I.7. Cultivo de Pimiento (*Capsicum annuum* L.)

I.7.1. Taxonomía, descripción botánica y distribución mundial

El pimiento es originario de América del sur desde donde fue introducido a Europa a partir del siglo XVI, extendiéndose su cultivo por los países del área mediterránea.

El pimiento pertenece a la familia de las solanáceas, la cual engloba una serie de especies caracterizadas por la coincidencia floral y conocidas por su riqueza en alcaloides, entre las que destacan por su interés agrícola y farmacéutico el pimiento, el tomate, la papa, la petunia, el tabaco, la belladona y el estroncio, principalmente.

El género *Capsicum* representa a un diverso grupo de plantas, desde el conocido pimiento de carne gruesa o pimiento dulce hasta el pimiento habanero, conocido por ser el más picante de los cultivados en México (Figura 2).

La taxonomía descrita recientemente para el género *Capsicum*, por encima de especie es: Reino, *Plantae*; División, *Magnoliophyta*; Clase, *Magnoliopsida*; Orden, *Solanales*; Familia, *Solanaceae*; Género, *Capsicum*. Sin embargo, casi todas las variedades cultivadas se engloban dentro de la especie *Capsicum annuum* L.



Figura 2. Diversidad de formas y colores de pimientos.

El pimiento es una planta anual, de tallo erecto, erguido y ramificado, de crecimiento determinado. Su sistema radicular es pivotante, con numerosas raíces adventicias muy ramificadas, las cuales pueden alcanzar hasta un metro de profundidad. Las flores son blancas y pequeñas, aparecen solitarias en las axilas

de las hojas; éstas últimas son lanceoladas y abundantes. Su fruto puede presentar forma cónica o achatada y sus tamaños son muy variados (Figura 3), al igual que su color, el cual puede ir de verde, en un inicio, hasta el rojo, en su madurez. Es hueco y contiene una abundante semilla (Japón-Quintero, 1980) (Figura 4).

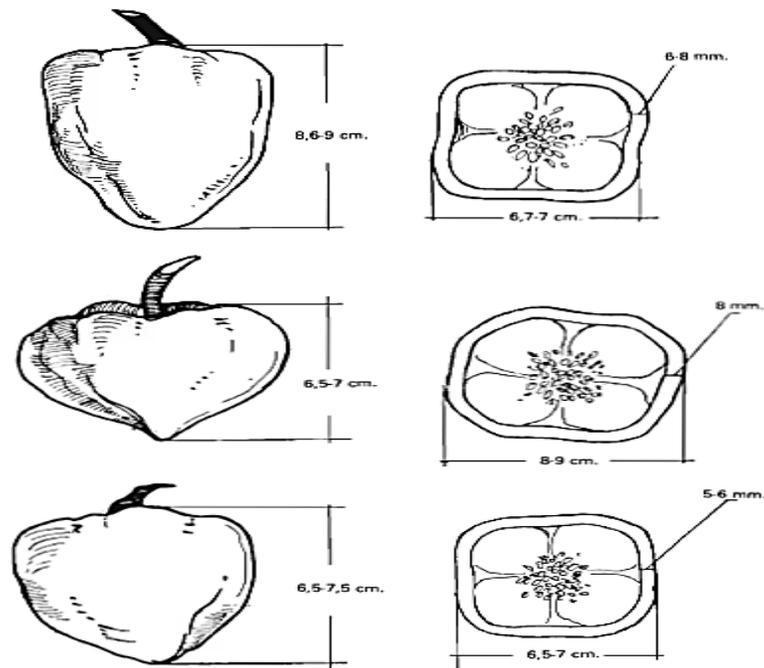


Figura 3. Formas y tamaños de pimiento para la industria.



Figura 4. Frutos rojos de pimiento

Existen muchos tipos de pimientos, sin embargo, los más consumidos, según Lucero y Sánchez (2012) se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Pimiento de mayor consumo



Pimiento maravilla de california (rojo, amarillo, naranja)



Pimiento sitaki



Pimiento Lamuya



Pimiento de reus



Pimiento de Guernica



Pimiento ñora de bola



Pimiento dulce italiano



Pimiento morrón morado



Pimiento campana

La alimentación del pimiento necesita diferentes tipos de nutrientes, según su estado fenológico. De los macroelementos, el pimiento es muy demandante de nitrógeno, sobre todo en la etapa de crecimiento. En los suelos cultivados bajo invernadero en la zona, la sucesión de cultivos y el aporte de enmiendas y fertilizantes permiten iniciar el ciclo con altos niveles de nitrógeno, por eso es muy probable que un programa de fertirrigación se inicie sin este nutriente.

Es importante disminuir los aportes de nitrógeno en los períodos de floración y cuaje, ya que un exceso en el período reproductivo, provocaría un retraso en la maduración. El fósforo es importante en las primeras etapas para estimular la formación de raíces, también es necesario en períodos de floración y formación del fruto y su máxima demanda ocurre cuando se acerca la floración y la maduración de las semillas; en los suelos de la región, dedicados muchos años a la horticultura, el nivel de fósforo alcanzaría para abastecer al cultivo. Aun así es preciso acompañar la fertilización con aportes de este elemento.

También el potasio es importante en la nutrición del pimiento, se debe aportar con el desarrollo del cultivo, incrementándose hacia la floración y manteniéndolo luego en nivel constante ya que es determinante de la precocidad, firmeza y el color de la fruta. El pimiento es más exigente de magnesio cuando se encuentra en la fase de maduración.

Es común encontrar, de la mitad del ciclo en adelante, deficiencias de magnesio, que en parte se deben a la demanda de la planta por el aumento de la concentración de iones que compiten con el magnesio (amonio, potasio) o por deficiencia en el riego, ya que el magnesio se mueve por flujo masal en el suelo.

Como otros cultivos, el pimiento crece y se desarrolla dentro de ciertos niveles de pH, por eso resulta importante mantenerlo en los valores de entre 6 a 6.5.

El pimiento es medianamente tolerante a salinidad, un nivel adecuado no debe superar el $1,5 \text{ mS.cm}^{-1}$ (Balcaza, 2000).

I.7.2. Cultivo de pimiento en México

México es el centro de origen y diversidad de la especie más importante de Chile, *Capsicum annuum* L. que incluye más de 100 variedades de Chile que hoy se consumen en todo el mundo después de 500 años, donde los españoles lo esparcieron por el resto del planeta. La mayoría de los Chiles domesticados que se cultivan y consumen actualmente, pertenecen a esta especie, la cual incluye a los pimientos morrón, al Chile ancho, al Chile guajillo, etc. (Aguilar, 2006).

Tradicionalmente, el Chile es usado como alimento (vegetal y como condimento) en la cocina y cultura mexicana, el cual no solo se ve reflejado en las dos anteriores sino también en la expresión oral como en los dichos, refranes, alburas, música, etc. Actualmente, los Chiles no solo sirven de colorantes, aditivos y saborizantes en la industria alimentaria, sino también como aditivos en shampoos; como componente activo en los aerosoles antirrobo y por sus propiedades analgésicas, anticancerígenas, antiinflamatorias y anti obesidad, en la industria farmacéutica (Rodríguez, K., 2012).

Actualmente existen alrededor de 29 especies de Chiles descritas y clasificadas, de las cuales cinco son domesticadas y utilizadas por el hombre (*Capsicum annuum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. baccatum* L., y *C. pubescens*). En México se cultivan cuatro de las cinco especies domesticadas de las cuales sólo *C.annuum* L y *C. frutescens* L. son nativas (Hunzinker, 1979; Eshbaugh, 1980; Hernández-Verdugo, 2001) y de estas solo la primera es la más importante y cuenta con dos subespecies, *C. annuum* var. *Glabriusculum* que son los Chiles silvestres conocidos como piquines, chilpaya, et.; y *C. annuum* var. *Annuum* L. que incluye a todos los

chiles domesticados y cultivados en México excepto al habanero, de cera y algunos tipos de chile de árbol. (Figura 5).

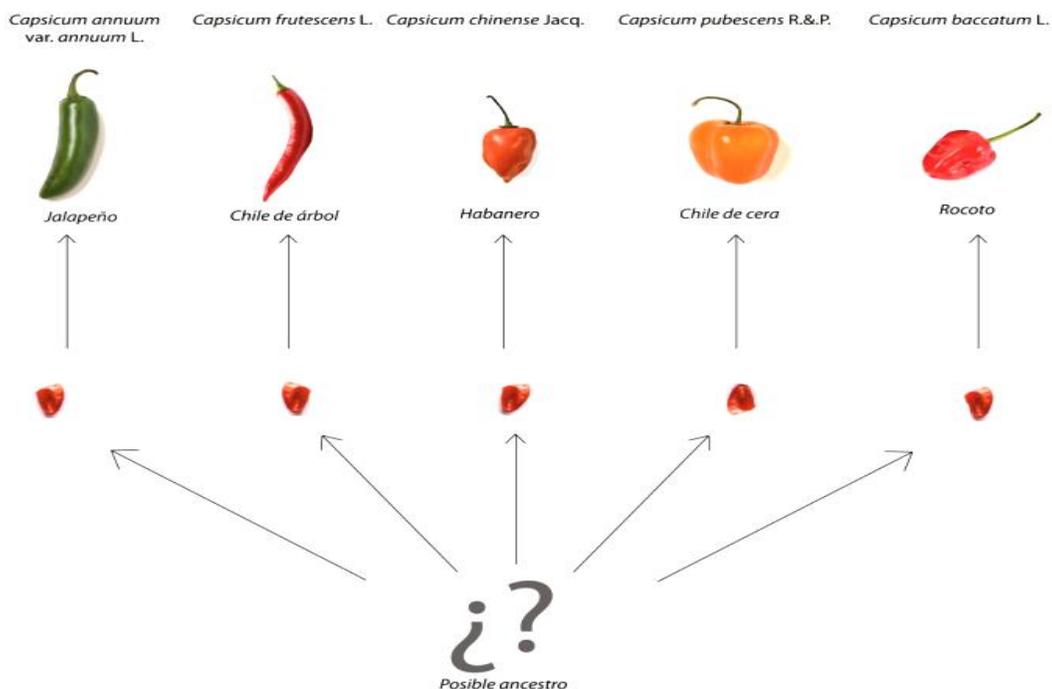


Figura 5. Especies de chiles domesticados.

El chile forma parte indispensable de la cocina mexicana en mayor grado que en cualquier otro país latinoamericano. Desde tiempos prehispánicos se ha combinado con diversos ingredientes enriqueciendo la dieta de los mexicanos, principalmente relacionado con el maíz y el frijol. Estos se han consumido crudos, hervidos, ahumados, asados y a su vez molidos, picados o enteros, dando un sabor característico a cada platillo (Barros, 2008).

I.7.3. Valor comercial y nutricional

En general, el interés del consumidor por la calidad y las propiedades nutritivas de los productos vegetales se ha incrementado en los últimos años. La calidad del

producto vegetal es un tema complejo, ya que deben ser consideradas diferentes características como: textura, contenido de minerales y vitaminas, sabor, entre muchas otras características organolépticas y nutricionales (Gruda, 2005), sin olvidar la inocuidad en el proceso de producción.

En los últimos años la comercialización del pimiento se ha visto incrementada debido al descubrimiento de nuevos usos y al interés del consumidor con este cultivo, ya que además de servir como alimento, el fruto puede llegar a utilizarse como especia y como agente colorante en los alimentos y cosméticos (Abad-Alegría, 2001) .

El principal componente del pimiento es el agua, seguido de los hidratos de carbono, lo que hace que sea una hortaliza con un bajo aporte calórico. Además, es una buena fuente de fibra y, al igual que el resto de verduras, su contenido proteico es muy bajo y apenas aporta grasa. Su consumo es bastante frecuente debido a la atractiva combinación de color, sabor y valor nutricional que posee. Como hortaliza, los frutos del pimiento se pueden consumir tanto maduros, como inmaduros, siendo una fuente importante de vitaminas C y E. En fresco, llega a contener más del doble de vitamina C de la que alberga frutas como naranja o fresa y es una fuente importante de carotenoides (Provitamina A) (Meléndez y col., 2004). Los niveles de vitamina C, carotenoides y compuestos fenólicos pueden variar en función de diferentes factores como: tipo de cultivo, prácticas agrícolas, estadio de maduración y condiciones de almacenamiento.

La vitamina C corresponde al grupo de la vitaminas hidrosolubles, y como la gran mayoría de ellas, no se almacena en el cuerpo por un largo período de tiempo, eliminándose en pequeñas cantidades a través de la orina. Por este motivo, es importante su administración diaria, ya que es fácil que se agoten sus reservas. El hombre es incapaz de sintetizar la vitamina C y es por eso que debe obtenerla a través de su dieta.

Es una sustancia de color blanco, estable en forma seca, en solución se oxida con facilidad, especialmente a elevadas temperaturas y en presencia de cantidades traza de hierro, cobre y álcalis (Davey y col., 2000). La forma oxidada del ácido ascórbico (AA), el ácido dehidroascórbico (ADHA), también posee actividad vitamínica, ya que la reacción óxido-reducción que involucra al par redox AA-ADHA es reversible (Figura 6).

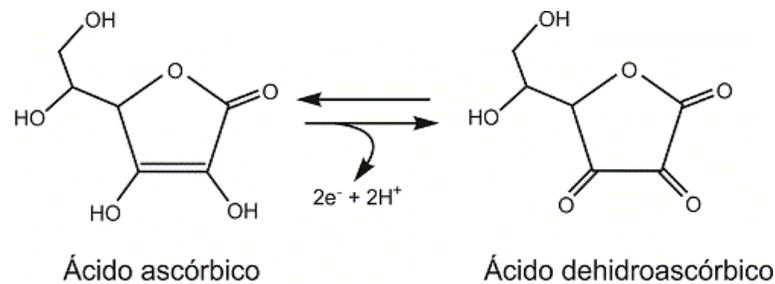


Figura 6. Oxidación del ácido ascórbico a dehidroascórbico.

El AA presenta tres funciones fundamentales: cofactor enzimático, captador de radicales libres y donador-aceptor, en la cadena de transporte de electrones tanto en la membrana plasmática como en los cloroplastos.

La vitamina C es un nutriente cuya importancia radica en sus propiedades antioxidantes (Bielski y col., 1975), que previenen procesos degenerativos comunes, algunos tipos de cáncer (Harris, 1996), enfermedades cardiovasculares, cataratas, problemas del sistema inmune y arteriosclerosis (Sauberlich, 1994); además interviene en la formación de colágeno, glóbulos rojos, huesos y dientes, y favorece la absorción del hierro de los alimentos.

Esta vitamina es uno de los componente más importantes del pimiento, tanto en estado maduro como inmaduro, y muchas variedades pueden aportar la cantidad diaria recomendada en 50-100 g de fruto fresco (Nuez y Costa, 2003) (Cuadro 6),

teniendo un rango de concentración que va desde 63 a 243 mg/100 g de peso fresco (Howard y col., 1994; Howard y col., 2000; Tadesse y col., 2002).

Cuadro 6. Resultados bromatológicos proximales de pimiento morrón rojo (Hispanetwork, 2011)

Energía (Kcal)	32.9	Calcio (mg)	11.89
Proteína (g)	1.25	Hierro (mg)	0.37
Hidratos de carbono (g)	4.20	Magnesio (mg)	12.82
Fibra (g)	1.50	Vit. B1 Tiamina (mg)	0.04
Grasa total (g)	0.90	Vit. B2 Riboflavina (mg)	0.02
Colesterol (mg)	0.00	Vit. C ác. Ascórbico (mg)	138.73
Agua (g)	92.20	Ácido fólico (µg)	23.72
Carotenoides (µg)	2.814	Vit. A Retinol (µg)	539.30

Aporte por 100 g de porción comestible de pimiento morrón rojo

Los carotenoides, son los responsables del color rojo del pimiento y su importancia en la dieta está muy reconocida, tanto por ser los precursores de la vitamina A, como por su capacidad antioxidante en la protección celular (Namiki, 1990). Además muestran un potente efecto protector frente a varios tipos de cáncer, en la prevención de úlceras gástricas, estimulación del sistema inmune, prevención de enfermedades cardiovasculares, y protección frente a degeneración macular y cataratas (Krinsky y Johnson, 2005), a la vez que son referidos para la diferenciación celular humana (Byers y Perry, 1992).

Uno de los cambios más sobresalientes que se producen en la maduración del pimiento, es el paso de color verde de los frutos inmaduros al rojo en los maduros. A nivel fisiológico tiene lugar el desmantelamiento del sistema fotosintético de cada célula del pimiento, convirtiéndose el cloroplasto en cromoplasto.

El color verde del fruto inmaduro es debido principalmente a la presencia de clorofilas. Los carotenos típicos de los cloroplastos, tales como carotenoides oxigenados o xantofilas, violaxantina, neoxantina y luteína pueden variar en su composición y concentración debido a las diferencias genéticas y el grado de maduración (Markus y col., 1999; Davey y col., 2000).

El principal cambio producido es la degradación de la clorofila, que al no estar ya ligada a su lipoproteína, es susceptible a la acción de los ácidos y la enzima clorofilasa. Los productos resultantes sufren oxidaciones varias, que van rompiendo cada vez más las moléculas, dando lugar a la formación de compuestos de bajo peso molecular, con la característica común de ser incoloros, perdiéndose así el color verde de forma progresiva. Esta transformación de la clorofila va acompañada de la síntesis de carotenoides, siendo los responsables del color rojo final, la capsantina, la capsorrubina y la capsaicina 5,6-epóxido, exclusivos del género *Capsicum*.

Los principales carotenoides del pimiento fresco son el capsanteno (60 %), zeaxanteno (13 %), caroteno y capsorrubeno (6 % ambos), la mayoría esterificados conocidos como grasos (Minguez-Mosquera y col., 1996; Fernández y Escarabajal, 2006) (Figura 7).

El color está considerando como uno de los atributos principales de la apariencia de los alimentos, especialmente si está asociado con otros aspectos de la calidad de dicho alimento, como son la maduración o el deterioro visible. Todos los alimentos tienen un rango de color aceptable, el cual en general, es marcado por el consumidor.

En el comercio del pimiento y sus productos procesados, por ejemplo el pimentón y las oleorresinas, el color es el parámetro de calidad aplicado con mayor frecuencia

(Pérez-Gálvez y col., 2004; Llanos y col., 2008) es por eso que esta tiene una influencia considerable sobre el precio final del producto.

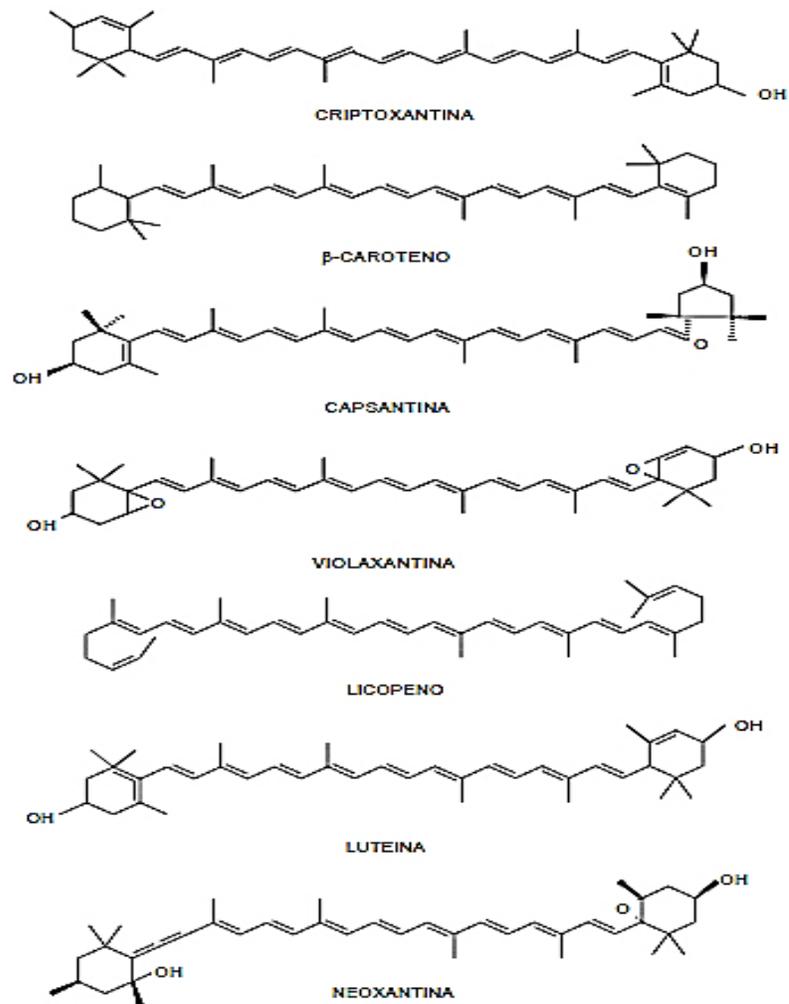


Figura 7. Estructura de los carotenoides responsables del color rojo del género *Capsicum*.

El intenso color rojo que adquiere el pimiento con la maduración, así como el de sus productos procesados, es debido a los pigmentos carotenoides que contiene. Por otra parte, el ácido ascórbico, presente en cantidades elevadas durante su maduración, tiene un papel muy importante, ya que asegura y da estabilidad al

color rojo del producto final. Otros factores como la actividad de agua, el tiempo y tipo de proceso y secado, también influyen en la estabilidad de pigmentos (Kim y col., 2002).

Dentro de los compuestos que dan el sabor y olor característicos al pimiento destacan los fenólicos y sustancias volátiles. Estos son un grupo de metabolitos secundarios sintetizados por las plantas en respuesta a situaciones de estrés, como la defensa ante microorganismos e insectos, entre otras (Harbone y William, 2000). Incluyen un amplio rango de estructuras químicas, cuya característica común es la de poseer un anillo bencénico con grupos hidroxilo como por ejemplo los flavonoides, los cuales se encuentran implicados en las propiedades organolépticas de las frutas y hortalizas (Figura 8).

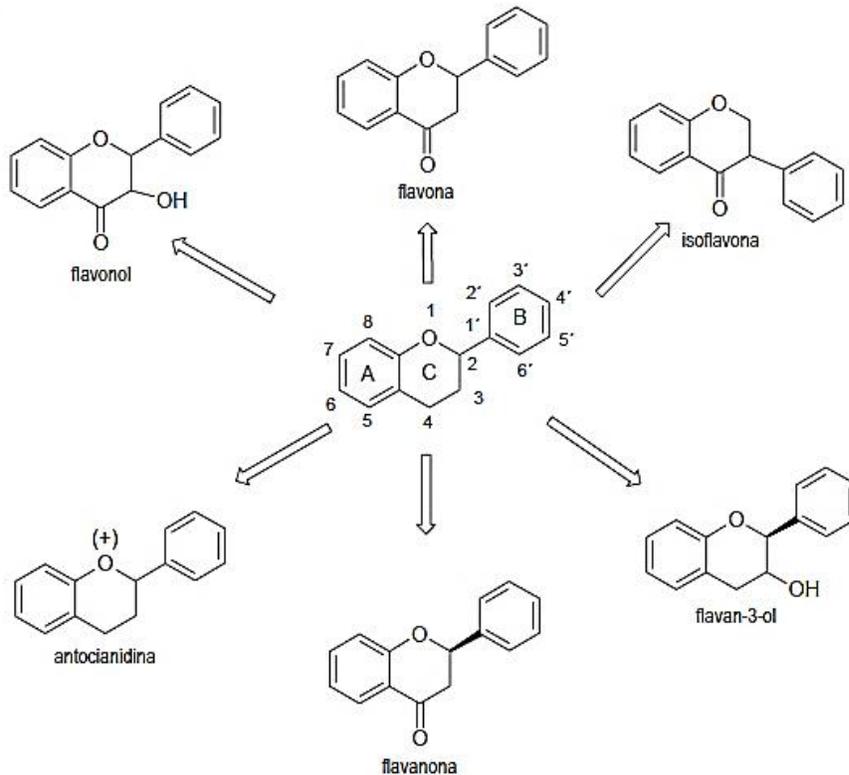


Figura 8. Estructura básica de los principales grupos de flavonoides.

I.7.4 Clasificación comercial del pimiento

La tipificación o clasificación comercial, consiste en clasificar en lotes homogéneos por clase, tipos, categorías, etc. los diferentes productos cosechados. Es una forma sencilla, en la cual se puede asignar un tipo de calidad a los frutos.

Los pimientos, una vez cosechados, podrán clasificarse en (Hortyfruta, 2008):

1. Clases comerciales.

- Clase 1

Los pimientos de esta clase deberán ser de buena calidad y presentarán, según su estado de madurez, las características de desarrollo, forma y color propias de su variedad o tipo comercial al que pertenezca. Además, deben de estar:

- ✓ Firmes.
- ✓ Prácticamente exentos de manchas.
- ✓ El pedúnculo podrá hallarse ligeramente dañado o cortado siempre que el cáliz se mantenga intacto.

- Clase 2

Esta clase comprenderá los pimientos dulces que no puedan clasificarse en clase 1 pero que cumplan los requisitos mínimos de calidad establecidos. Siempre que conserven sus características esenciales de calidad, conservación y presentación, podrán tener los defectos siguientes:

- ✓ Malformaciones y defectos de desarrollo.
- ✓ Quemaduras de sol o heridas leves cicatrizadas, siempre y cuando sean inferiores a:
 - ❖ 2 cm para defectos de forma alargada.
 - ❖ 1 cm² de superficie total para otros defectos.

- ✓ Ligeras grietas secas y superficiales que no tengan, sumadas, más de 3 cm de longitud.
- ✓ Podrán hallarse menos firmes que los de la clase 1, aunque no marchitos.
- ✓ El pedúnculo podrá estar dañado o cortado.

2. Tolerancias de calidad

Clase 1 y 2. En cada envase se permite un 10% (en número o peso) de pimiento que no cumpla con los requisitos de calidad de su clase.

3. Características del calibrado

- Diámetro. La diferencia entre el pimiento mayor y menor de un mismo envase no podrá exceder de 50 mm.
- Anchura. Para los pimientos dulces largos, tipo lamuyo la anchura mínima es de 30 mm; para el cuadrado tipo california y tipo Clovis, la anchura mínima será de 40 mm.

El calibrado no será obligatorio para los productos de la clase 2.

4. Tolerancias del calibre

- Clase 1. Un 10% en número o en peso de pimientos cuya diferencia de anchura sea inferior a 5 mm sobre la diferencia de diámetro establecido. Del total de estos pimientos, se admitirá como máximo un 5% con una anchura inferior a la mínima aplicable.
- Clase 2. En caso de su calibración la tolerancia será igual a los de clase 1.

Otro tipo de tipificación es la sugerida por la marca Federal, “México Calidad Suprema” (2005), en la cual, los pimientos deben de contar con las siguientes características:

- Deben de encontrarse enteros y bien desarrollados, es decir, maduros.
- Con aspecto fresco y sano.
- Presentar una consistencia firme
- Deberán tener un sabor dulce, sin ningún grado de pungencia o picor.
- Deberán de estar bien formados (blocky o lamuyo) y presentar un color uniforme según sea la variedad.
- De estar limpios, prácticamente exentos de cualquier material extraño visible como tierra, humedad excesiva, etc.
- Exentos de pudriciones o deterioros.
- Libres de defectos de origen meteorológico (granizo, quemaduras de sol, daño por frío), mecánicos, entomológico (insectos), microbiológico o genético-fisiológico. Se aceptarán defectos siempre y cuando sean superficiales, muy leves, y no afecten el aspecto general del producto (calidad, conservación y presentación del mismo).
- Exentos de cualquier olor y/o sabor extraño.
- Deberá excluirse todo el producto que esté afectado por pudrición o deterioro, al grado que sea inadecuado para su consumo.

I.8. Cultivo de Pepino (*Cucumis Sativus L.*)

I.8.1. Taxonomía, descripción botánica y distribución mundial

Las *cucurbitáceas* son una familia de plantas dicotiledóneas, que comprenden alrededor de 700 plantas distribuidas por los países cálidos; son rastreras o trepadoras, de hojas sencillas, flores de cinco pétalos y fruto pepónide. Pertenecen a esta familia cerca de 90 géneros entre los que se encuentran *cucumis*, *lutta*, *brionia*, *cucúrbita*.

El pepino, *cucumis sativus* L., es una planta herbácea anual perteneciente a la familia de las *cucurbitáceas*; posee grandes hojas verdes formando un dosel sobre los frutos, que nacen de brotes laterales en las axilas de éstas. Emite zarcillos, por lo que se le puede girar por una espaldera o dejarla crecer sobre el suelo de forma rastrera. Los tallos, gruesos y espinosos están divididos en nudos de los que nace un zarcillo y una hoja (Cogollo, 2006).

Se cree que el pepino es nativo de Asia y África, y ha sido utilizado para la alimentación humana desde hace 3000 años; se distribuyó en China, luego en Francia, Inglaterra y se propagó en EE.UU. (Fundación Hogares Juveniles Campesino, 2002).

De la India se extiende a Grecia y de ahí a Roma y posteriormente se introdujo a China. El cultivo de pepino fue introducido por los romanos en otras parte de Europa; aparecen registro de este cultivo en Francia en el siglo IX, en Inglaterra en el siglo XIV y en Norteamérica a mediados del siglo XVI, ya que Cristóbal Colón llevó semillas a América (Peñafiel-Cruz, 2005).

La taxonomía y morfología del pepino es la siguiente:

- Familia: *Cucurbitaceae*.
- Especie: *Cucumis Sativus* L.
- Planta: herbácea anual.
- Sistema radical: consta de una raíz principal, que se ramifica rápidamente para dar raíces secundarias superficiales muy finas, alargadas y de color blanco. El pepino posee la faculta de emitir raíces adventicias por encima del cuello.

- Tallo principal: anguloso y espinoso, de porte rastro y trepador. De cada nudo parte una hoja y un zarcillo. En la axila de cada hoja emite un brote lateral y una o varias flores.
- Hoja: de largo pecíolo, gran limbo acorazonado, con tres lóbulos más o menos pronunciados (el central más acentuado y generalmente acabado en punta), de color verde oscuro y recubierto de un vello muy fino.
- Flor: de corto pedúnculo y pétalos amarillos. Las flores aparecen en las axilas de las hojas (Figura 9).
- Fruto: pepónide áspero o liso, dependiendo de la variedad, que vira desde un color verde claro, pasando por un verde oscuro hasta alcanzar un color amarillento cuando está totalmente maduro. Su pulpa es acuosa, de color blanquecino, con semillas en su interior repartidas a lo largo del fruto. Dichas semillas se presentan en cantidad variable y son ovales, algo aplastadas y de color blanco-amarillento (CVCA, 2010) (Figura 10).



Figura 9. Planta de pepino en desarrollo.



Figura 10. Frutos de pepino

I.8.2 Propiedades nutritivas y curativas

Entre las propiedades nutritivas del pepino tiene especial importancia su elevado contenido en ácido ascórbico y pequeñas cantidades del complejo vitamínico B. En cuanto a minerales es rico en calcio, cloro, potasio y hierro. Las semillas son ricas en aceites vegetales (Cuadro 7).

Cuadro 7. Valor nutricional del pepino en 100 g de sustancia comestible

Agua (g)	95.7
Carbohidratos (g)	3.2
Proteínas (g)	0.6-1.4
Grasas (g)	0.1-0.6
Ácido ascórbico (mg)	11
Ácido pantoténico (mg)	0.25
Valor energético (kcal)	10-18

FUENTE: www.infoagro.com

El pepino es un alimento de fácil digestión cuando se usa al natural e inclusive se puede usar con la cáscara cuando está tierno.

El pepino no solamente es un alimento de fácil digestión sino también refrescante y recomendable para neutralizar la excesiva acidez, ya sea en caso de diabetes, gota, artrismo, etc. Aunque suele ser un alimento muy agradable en el verano por ser refrescante, es recomendable consumirlo en cualquier temporada ya que ayuda a la circulación sanguínea y además tiene efectos purificadores de los intestinos.

Este fruto, considerado comúnmente hortaliza, tiene una concentración modesta de vitamina C. Cien gramos de pepino aportan aproximadamente un 10% de la ingesta diaria recomendada de 60 mg/día. La vitamina C participa en la supresión de nitrosamina, cuyo carácter carcinogénico ha sido demostrado. La vitamina C también puede dar protección contra varios tipos de cáncer e intensifica las funciones inmunológicas (CEIRD, 2007).

El pepino no contiene grasa y es bajo en calorías y colesterol. Entre las sustancias inhibidoras del cáncer que se encuentran en el pepino están los fotoquímicos como los fitosteroles y terpenos.

El pepino es muy utilizado en la medicina, por sus cualidades emolientes, calmantes y refrescantes y sobretodo alcalinizantes. El pepino es bueno en tiempos de calor, especialmente en verano, gracias a su enorme contenido de agua.

1.8.3 Clasificación comercial de los pepinos

La tipificación o clasificación comercial, consiste en clasificar en lotes homogéneos por clase, tipos, categorías, etc. los diferentes productos cosechados. El pepino se podrá tipificar de la siguiente forma (Hortyfruta, 2008):

1. Clases comerciales:

- Clase 1

Los pepinos clasificados en esta clase deben ser de buena calidad y presentar todas las características típicas de su variedad. Deben:

- ✓ Estar bien desarrollados.
- ✓ Tener la coloración típica de la variedad.
- ✓ Estar exentos de defectos, incluida cualquier deformación, en especial las debidas al desarrollo de las semillas.
- ✓ Haber alcanzado un desarrollo suficiente.
- ✓ Estar bien formados y prácticamente rectos (altura máxima de arco: 10 mm por cada 10 cm de longitud del pepino).

Se admiten los defectos siguientes:

- ✓ Una ligera deformación, con la exclusión de la debida al desarrollo de las semillas.
- ✓ Un ligero defecto de coloración, en especial la coloración clara de la parte del pepino que haya estado en contacto con el suelo durante el crecimiento.
- ✓ Ligeros defectos de la epidermis debidos al roce, a la manipulación o a las bajas temperaturas, siempre que estén cicatrizados y no afecten a la conservación del producto.

- Clase 2

Esta clase comprende los pepinos que no pueden clasificarse en la clase 1, pero que presentan las características mínimas de calidad.

Los pepinos rectos y ligeramente curvados pueden presentar los siguientes defectos:

- ✓ Deformes que no sean debidas a un desarrollo avanzado de las semillas.
- ✓ Defectos de coloración que se extiendan como máximo a un tercio de la superficie.
- ✓ Heridas cicatrizadas.
- ✓ Ligeros daños causados por el roce o la manipulación que no afecten seriamente a la conservación del producto ni a su aspecto.
- ✓ Altura máxima de arco: 20 mm por cada 10 cm de longitud.

Los pepinos curvados sólo se admiten los siguientes defectos:

- ✓ Leves defectos de coloración.
- ✓ Ningún otro defecto o deformación que no sea la propia curvatura.

2. Tolerancias

Clase 1 y 2: en cada envase se permite un 10% (en número o en peso) de pepino que no cumpla con los requisitos de calidad de su clase.

3. Características de calibrado.

Los pepinos de la clase 1 deberán tener, además:

Peso (g)	Longitud (cm)
250-500	20 ≤
≥ 500	25

4. Tolerancias de calibre.

Para las clases 1 y 2. En cada envase se permite un 10% (en número o peso) de pepino que no cumpla con los requisitos de calibrado.

Otro tipo de clasificación comercial se encuentra dada por la marca México Calidad Suprema, la cual es un esquema de marcas oficiales de aplicación voluntaria y tiene como objetivo el desarrollar nuevos mercados de mayor valor, con base en la diferenciación de productos de alta calidad, a través de un signo distintivo (marca oficial), respaldando por certificaciones imparciales e independientes, lo que asegura al consumidor que el producto que está adquiriendo es de calidad suprema.

En base a lo anterior y consultando el Pliego para el uso de la marca Oficial México calidad suprema en Pepino (2005) un producto de calidad suprema deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

- Encontrarse bien formados o desarrollados, no maduros.
- Estar enteros, sanos, frescos, limpios, de consistencia firme y cáscara razonablemente lisa.
- Ser de forma, sabor y olor característicos de la variedad,
- Ser de color verde, claro u oscuro, pero homogéneo.
- Estar prácticamente rectos (con una altura máxima de arco de 10 mm en frutos de 10 cm de largo).
- Estar libres de defectos de origen meteorológico, mecánico o genético-fisiológico. Se aceptan defectos siempre y cuando sean superficiales y muy leves y no afecten el aspecto general del producto (calidad, conservación y presentación del mismo).
- Estar exentos de cualquier olor y/o sabor extraño.
- Estar libres de humedad anormal externa.
- Excluirse todos los que estén afectados por pudrición o deterioro, al grado que sean inadecuados para su consumo.

El tamaño de los pepinos deberá estar de acuerdo a las dimensiones (grosor y longitud) de la tabla siguiente:

Letra de referencia	Tamaño	
	Diámetro (cm)	Longitud (cm)
A	3.5-5	14-16.5
B	5.1-6.5	14-16.5

En general, los pepinos deben ser seleccionados de acuerdo con las normas de calidad que el consumidor demande. Primero se clasifican por su grado de madurez; después por su tamaño, por su superficie cilíndrica lisa y recta, color verde oscuro y uniforme (sin amarillos) y se comercializan limpios. Deberá ser firme al corte y el anillo interno deberá presentar mayor proporción de pulpa, color blanco y semillas de tamaño no mayor de 3 mm de largo, mostrando humedad en su interior. Cuando se le parte de forma manual, éste deberá emitir un ligero sonido de resistencia. En algunos casos, y cuando el mercado lo permite, los frutos serán encerados con la finalidad de mejorar la apariencia y prolongar su vida de anaquel (CEIRD, 2007).

HIPÓTESIS

La inoculación de semillas de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.) con *Bacillus subtilis* y/o *Trichoderma harzianum*, incrementarán su porcentaje de germinación, transformación y absorción de nutrientes del suelo, mejorando notablemente la calidad y la cantidad de frutos, reflejándose claramente en una mayor producción comercial.

OBJETIVOS

III.1. General

Evaluar la efectividad de los inoculantes clasificados como promotores del crecimiento sobre la germinación, el rendimiento y la calidad de los frutos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.) producidos bajo invernadero.

III.2. Específicos

1. Inocular dos cepas de *Bacillus subtilis*, P12 y P17, en semillas de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) variedad Rio Grande para determinar su porcentaje de germinación y crecimiento vegetativo.
2. Evaluar el rendimiento y calidad de frutos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) variedad canon inoculadas con las cepas P12 y P17.
3. Determinar el porcentaje de germinación en semillas de pepino (*Cucumis Sativus* L.) variedad primavera, inoculadas de las cepas M6, P3, P12 y P17.
4. Realizar inoculación al suelo con las cepas M6, P3, P12 y P17, para evaluar el rendimiento y calidad de los frutos de pepino (*Cucumis Sativus* L.) cv. Primavera.
5. Determinar el rendimiento y calidad de los frutos de pepino (*Cucumis sativus* L.) variedad primavera con diferentes concentraciones y mezclas de los inoculantes comerciales conocidos como Bactiva NP y Endospor.

METODOLOGÍA

IV.1. Materiales

IV.1.1. Material Biológico

Su usaron cuatro aislados bacterianos previamente obtenidos de la rizosfera de jitomate e identificados como M6, P3, P12 y P17, las cuales se eligieron por presentar características relacionadas con la promoción del crecimiento vegetal (Mora, 2010).

Se usó también dos productos comerciales: Bactiva NP y Endospor. El primero contiene principalmente *B. Subtilis* y *Trichoderma harzianum*, mientras que el segundo contienen hongos endomicorrícicos y bacterias fijadoras de nitrógeno y promotoras de crecimiento, así como *T. harzanium*. Dichos productos fueron elegidos, debido a que son de los más usados para la producción de hortalizas en la zona centro del país. Fueron proporcionados por la Empresa Agrohortalizas “El Milagro”.

Las semillas de pimiento usadas fueron las variedades “Rio Grande” y “Canon”, ambas variedades, presentan frutos rojos. Las primeras fueron obtenidas para el estudio dentro del laboratorio de Biotecnología en el Área de Químico Agrícola, mientras que las segundas fueron proporcionadas por el productor de Tecozautla.

Para las semillas de pepino se usó la variedad “Primavera”, proporcionadas por la empresa Agrohortalizas “El Milagro”.

IV.1.2. Medios de cultivo

Se usó agar nutritivo para mantener activas a las cepas M6, P3, P12 y P17, de *Bacillus subtilis*; y caldo nutritivo para la preparación de los inoculos.

IV.2. Métodos

IV.2.1. Activación del inóculo

Las cepas M6, P3, P12 y P17 se cultivaron en 500 ml de caldo nutritivo por un periodo de 24 hrs. a 30°C, donde se mantuvieron en agitación continua a 180 rpm. Al término de este periodo los caldos se centrifugaron y se lavaron tres veces con una solución salina al 0.85%, obteniendo una pastilla celular, la cual se re suspendió con 2 ml de la misma solución salina.

Una vez re suspendida la pastilla, se procedió a contabilizar las bacterias mediante el uso de la cámara de Neubauer. Para finalizar se realizó una dilución en solución arábica al 5 %, de tal manera que la concentración final registrada fue de 10^7 células/ml. Esta suspensión celular se empleó para realizar tanto la inoculación a las semillas, como la segunda aplicación después del trasplante (Corro, 2010).

IV.2.2. Efecto de las cepas P12 y P17 en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Rio Grande

Para evaluar el efecto promotor sobre la germinación y el desarrollo de la plántulas, para cada una de las cepas (P12 y P17) se usaron 150 semillas de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L. cv. 'Rio Grande'), las cuales, para su inoculación, se sumergieron en 10 ml de la suspensión bacteriana y se agitaron a 140 rpm durante un periodo de 1 h.

Una vez inoculadas las semillas, se procedió a sembrarlas en charolas de 300 cavidades, empleando como sustrato turba húmeda a capacidad de campo. Se sembraron también 150 semillas sin inocular, las cuales fueron usadas como testigo. Quince días después de la siembra (dds) se registró el porcentaje de germinación.

Al término de la germinación de las semillas, las plántulas fueron llevadas a invernadero donde fueron fertilizadas diariamente con una solución nutritiva cuya composición fue la siguiente (Corro, 2010) (Cuadro 8):

Cuadro 8. Componentes del fertilizante empleado en la producción de plántula de pimiento morrón.

Nutrientes	g/L
Nitrato de potasio (KNO_3)	0.75
Fosfato monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)	0.175
Nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	0.675
Sulfato de magnesio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.3
Sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.05

Las plántulas fueron cultivadas por 60 días y al término se evaluó la altura, diámetro, peso fresco y seco del vástago y raíz.

IV.2.3. Efecto de las cepas P12 y P17 en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Canon.

Para evaluar el efecto promotor sobre la germinación se usaron tres grupos de 200 semillas de pimiento Variedad Canon, las cuales fueron inoculadas el día 18 de Febrero del 2011, con la cepa P12 a una concentración de 8×10^8 células/ml y con la cepa P17 a una concentración de 2.25×10^9 células/ml, respectivamente. Para

la inoculación se usaron tubos falcón, los cuales contenían goma arábica y la cepa de la bacteria a inocular. A estos se les adicionaron las semillas y se dejaron en agitación durante 1 h. Al término de este lapso, las semillas se sembraron en charolas de poliestireno expandido de 200 cavidades, las cuales fueron previamente llenadas con sustrato Sunshine 3 humedecido. En dichas charolas se colocaron las semillas y se cubrieron con vermiculita. Se usaron además 200 semillas como testigo. Las charolas con las semillas se colocaron dentro de la cámara de germinación, durante tres semanas. El día 11 de marzo se procedió a contabilizar el número de semillas germinadas.

Las semillas germinadas se comenzaron a fertilizar a partir del 10 de marzo, con Polyfeed cuya fórmula es 12-43-12 con 1000 ppm de Fierro, 500 ppm de Manganeso, 200 ppm de Boro y 70 ppm de Molibdeno.

El número de plántulas trasplantadas (188) fue igual para la cepa P17 y P12, mientras que para el testigo se usaron solo 174 plantas. Esta actividad se llevó a cabo el día 31 de marzo del 2011 en los invernaderos de Rancho "San Isidro" ubicados en Tecozautla, Hidalgo.

Transcurridas dos semanas del trasplante se inició con la fertilización la cual consistió básicamente en la aplicación del fertilizante comercial Triple-19.

La floración homogénea de los tres tratamientos se registró el día 23 de abril.

La cosecha se inició el día 19 de julio y a partir de ahí se realizaron 4 cortes para determinar el peso individual de los frutos, el rendimiento por planta y por m², así como algunos parámetros de calidad como son el contenido total de carotenoides, el ácido ascórbico y el color.

IV.2.4. Secado de frutos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Canon.

Una vez colectados los frutos, se procedió a eliminar las semillas y a desvenarlos, para formar muestras compuestas de 150 g a partir de 5 frutos colectados para cada tratamiento. De cada muestra compuesta, se tomaron 5 g en peso fresco con cinco repeticiones y se colocaron en papel aluminio para efectuar el secado.

El secado se llevó a cabo en una estufa marca Imperial V Lab-Line HI-Limit en completa oscuridad a 55 °C durante 60 hrs. Dichas muestras y sus repeticiones, completamente deshidratadas, se molieron en un molinillo marca IKA A11 Basic, y posteriormente fueron empleadas para cuantificar el color extractable o carotenoides totales. (Arjona y col., 2002; Méndez-Trujillo y col., 2005; Pérez-Galvéz y col., 2004).

IV.2.5. Medida del Color en frutos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Canon.

Las medidas de color, como coordenadas CIELab, (L, a y b), se realizaron en un colorímetro de marca Hunter Lab.

El parámetro L indica luminosidad y los parámetros a y b son las coordenadas de cromaticidad, verde-rojo y azul-amarillo, respectivamente. “L” es una medida aproximada de luminosidad, la cual es equivalente a una escala de grises, entre negro y blanco, tomando valores del rango 0 (negro)-100 (blanco). El parámetro “a” toma valores positivos para los colores rojizos y negativos para los verdosos, mientras que b toma valores positivos para los colores amarillentos y negativos para los azulados.

El parámetro “C” es el croma o pureza del color ($C = \sqrt{(a^2) + (b^2)}$), siendo 0 en el centro de una esfera de color y aumenta, según lo hace la distancia del centro. Finalmente, el ángulo HUE, el cual indica el tono, es el ángulo matiz $h_{ab} = \arctg \left(\frac{b}{a} \right)$ expresado en grados. Se define como inicio en el eje +a, 0° sería (rojo), 90° +b (amarillo), 180°-a (verde) y 270°-b (azul). (Hernández-Fuentes y col., 2010). Los análisis se realizaron por triplicado.

IV.2.6. Extracción y cuantificación de carotenoides totales en Pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Canon.

Para determinar el color extractable se siguió la metodología usada por Hebbel (1980), Lefter y col. (1990). El procedimiento consistió en colocar 0.01 g de las muestras compuestas con cinco repeticiones cada una, en matraces de 10 ml y 5 ml de acetona en agitación por 4 h. Una vez terminado el tiempo de agitación, se completó cada matraz con acetona hasta la marca, se filtró la solución con papel filtro Wathman No. 40 y se llevó una porción de la solución a una celda fotométrica para medición de la absorbancia a 460 nm usando acetona como blanco. Las mediciones espectrofotométrica se realizaron en un equipo marca Spectronic unicam modelo HELIOS, de acuerdo a las especificaciones del método ASTA 20.1 inciso C de la American SpiceTrade Association. Para el estándar se usó 0.3005 g de $K_2Cr_2O_7$ y 34.96 g/lit $CoSO_4$, $(NH_4)_2SO_4$ en H_2SO_4 1.8 M, hasta 1 litro.

El cálculo de color en unidades ASTA se determinó según la siguiente expresión:

$$Color_{ASTA} = \frac{(Absorbancia\ del\ extracto)(16.4)(I_f)}{(Peso\ de\ la\ muestra)(10)}$$

$$I_f = \text{Factor de corrección instrumental}$$

$$I_f = \frac{0.6}{A_s}$$

A_s = Absorbancia de la solución estándar de color

IV.2.7. Determinación de ácido ascórbico en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Canon.

Una vez que a los frutos se les eliminaron las semillas, se formaron muestras compuestas de 150 g a partir de cinco frutos colectados para cada tratamiento. De cada muestra compuesta, se tomaron 5 g en peso fresco con tres repeticiones.

Cada una de las muestras se trató individualmente. Se les colocó en un mortero, se les adicionaron 10 ml de la solución extractable (solución de ácido metafosfórico (3%) -acético (8 %)) y se trituro hasta obtener una solución de color naranja. La muestra se colocó en un matraz de 100 ml y se aforó con la misma solución extractable. Para la titulación solo se tomaron 5 ml de la muestra. Se tituló con una solución de 2,6-dicloroindofenol. (Técnica 967.21 de la AOAC).

IV.2.8. Efecto de las cepas M6, P3, P12 y P17 en pepino (*Cucumis Sativus* L.) cv. Primavera.

Para evaluar el efecto promotor sobre la germinación se usaron para cada uno de los tratamientos, 10 grupos de 4 semillas de pepino cv. Primavera, los cuales fueron inoculadas el día 14 de marzo del 2011, con las cepa M6 (7×10^8 células/ml), P3 (8.8×10^7 células/ml), P12 (2.18×10^9 células/ml) y P17 (1×10^9 células/ml). Para la inoculación se usaron tubos falcón, que contenían goma arábica y la cepa de la bacteria a inocular. A estos se les adicionaron las semillas y se dejaron en agitación por un periodo de 1 h. Al término de este lapso, las semillas se llevaron al

invernadero donde se sembraron directamente en el suelo. En esta misma fecha se sembraron 10 grupos de 4 semillas las cuales sirvieron como testigo. El 19 de marzo se procedió a contabilizar el número de semillas germinadas.

Las semillas germinadas se comenzaron a fertilizar a partir del 10 de marzo, con Polyfeed el cual marca en su etiqueta 12-43-12 con 1000 ppm de Fierro, 500 ppm de Manganeso, 200 ppm de Boro y 70 ppm de Molibdeno.

El día 18 de abril de 2011 se realizó una inoculación directa al suelo, la cual consistió en la aplicación de 10 ml de la solución inoculante alrededor de cada uno de los tallos de las plantas. Las concentraciones de dichas soluciones fueron contabilizadas quedando para la cepa M6 de 8.6×10^8 cel/ml, para la cepa P3 de 1.2×10^9 cel/ml, para la P12 de 2×10^9 cel/ml y para la cepa P17 de 7×10^8 cel/ml.

La cosecha se inició el día 4 de mayo y a partir de ahí se realizaron 20 cortes para determinar el peso individual de los frutos, el rendimiento por planta en kilogramos, el número de frutos por planta, peso promedio por fruto, peso total producido para cada cepa y número de frutos de acuerdo a su calidad.

IV.2.9. Evaluación de los productos comerciales Bactiva NP y Endospor en pepino (*Cucumis Sativus L.*) cv. Primavera.

Para la evaluación de los productos comerciales, Bactiva NP y Endospor, se realizó la inoculación de 5 grupos con 25 semillas cada uno. Los tratamientos usados para cada uno de estos grupos se describen en el cuadro 9.

Cada uno de los grupos de semillas se expuso a cada uno de los tratamientos y se sembraron el 16 de julio de 2010 dentro del invernadero de Agrohortalizas El

Milagro en sus túneles 9, 10 y 11 en su parte central, con la finalidad de eliminar factores externos.

Cuadro 9. Tratamientos usados para la inoculación de semillas de pepino.

Tratamiento	Bactiva (kg/Ha)	Endospor (kg/Ha)
A	1	0
B	0	1.5
C	0.5	1.5
D	1	1.5
E	1.5	1.5
F	1	1
G	2	1
H	0	0

El número de semillas germinadas se contabilizaron el día 23 de julio de 2010. La cosecha se comenzó el día 9 de septiembre finalizando el día 22 de noviembre.

Durante este periodo se contabilizó el número de frutos cosechados por planta, el peso promedio de los frutos por planta, la longitud promedio de los frutos, los kilogramos cosechados por planta y el total de kilogramos acumulados por cada uno de los tratamientos.

IV.3 Diseño experimental

Para cada uno de los experimentos se realizó un análisis de varianza, utilizando un diseño completamente al azar. Para el análisis de medias se usó la prueba de t de student con un nivel de significancia del 0.05.

RESULTADOS

V.1. Efecto de las cepas P12 y P17 en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Rio Grande

Las cepas P12 y P17 en ensayos de germinación de semillas de pimiento mostraron un efecto positivo sobre el desarrollo inicial de la plántula, mejorando el tamaño de la raíz (Figura 11), esto a consecuencia de que las semillas que fueron inoculadas presentaron menor tiempo de germinación.

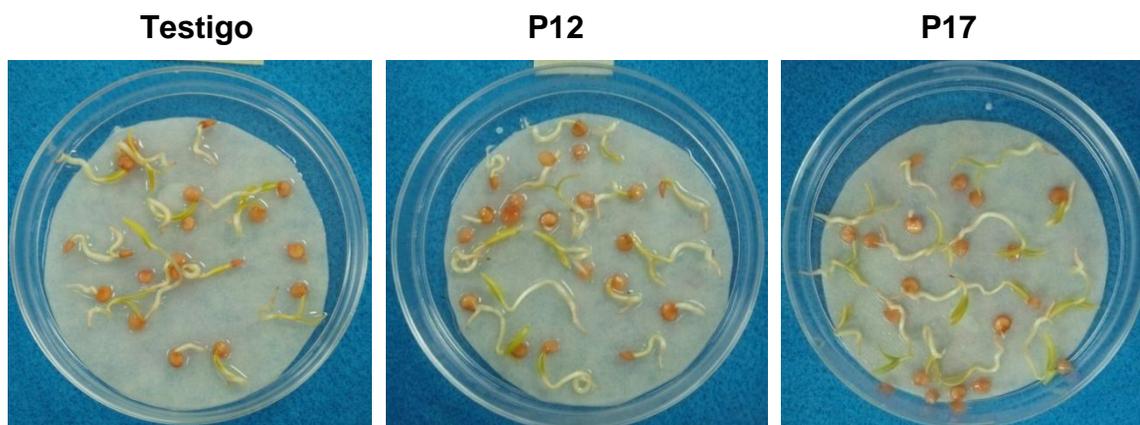


Figura 11. Ensayos de germinación en pimiento morrón cv. Rio grande.

De acuerdo a lo anterior y siguiendo las normas de la Asociación internacional para pruebas de semillas (I.S.T.A., 1993) el primer conteo de semillas germinadas de pimiento debe realizarse a los 7 días y el conteo final a los 14 días de iniciado el tratamiento para obtener el porcentaje de germinación total. Por ello, el análisis estadístico de comparación de medias entre los tratamientos se realizó con los datos obtenidos al término de este período, el cual arrojó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos inoculados con la cepa P12 y los tratamientos P17 y el testigo, mostrando una diferencia del 4.44% entre el mejor tratamiento (P12) y el testigo, y un 3.33% entre los semillas inoculadas (Cuadro

10), lo cual coincide con los experimentos realizados por Di bárbaro y col.(2005),en los cuales se observa claramente las ventajas de la inoculación de semillas con organismos promotores del crecimiento vegetal.

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa claramente que la inoculación de las semillas con la cepa P12 tiene una mayor influencia en la germinación de las semillas, dando como resultado un mejor crecimiento en las plántulas lo cual se ve reflejado en su altura, diámetro de tallo, peso fresco de su vástago y de su raíz, quedando todos estos factores por encima del testigo y del otro grupo inoculado.

En cuanto a los pesos del vástago (Figura 12) y de la raíz (Figura 13) de las plantas, se puede apreciar que el porcentaje de agua perdido alcanzo hasta un 90% de disminución en su peso final, mostrando nuevamente que el mejor tratamiento corresponde a los inoculados con la cepa P12 seguido de la P17 y finalmente por el testigo (Cuadro 10 y Figura 14). Hay que recordar que los valores de peso seco en este estadio de la planta constituye un parámetro de gran importancia, ya que el aumento del peso de los mismos, implica tener una plántula en mejores condiciones para el trasplante.

Cuadro 10. Efecto de la inoculación de las cepas P12 y P17 en pimiento morrón cv. Rio Grande.

Tratamiento	% Germinación	Altura de plántula (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Vástago Fresco (g)	Vástago Seco (g)	Raíz Fresca (g)	Raíz Seca (g)
TESTIGO	88.89 b ²	11.07 b	3.30 b	2.58 c	0.28 c	9.94 b	0.92 b
P12	93.33 a	13.44 a	3.79 a	3.41 a	0.39 a	14.49 a	1.25 a
P17	90.00 b	12.77 ab	3.44 b	3.09 b	0.33 b	11.20 b	0.99 b

¹ Para el análisis estadístico del porcentaje de germinación, los valores fueron transformados a grados angulares y los resultados mostrados se expresan en términos de la variable original.

² Cada valor representa el promedio de 10 datos. Valores con la misma letra dentro de cada columna indica que las medias son iguales [Student, (P≤0.05)].

Vástago

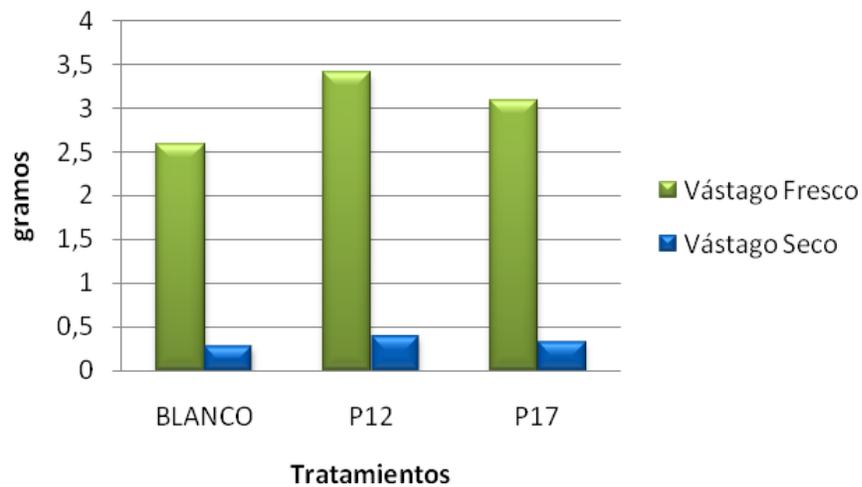


Figura12. Pesos de los vástagos frescos y secos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Rio Grande.

Raíz de la plántula

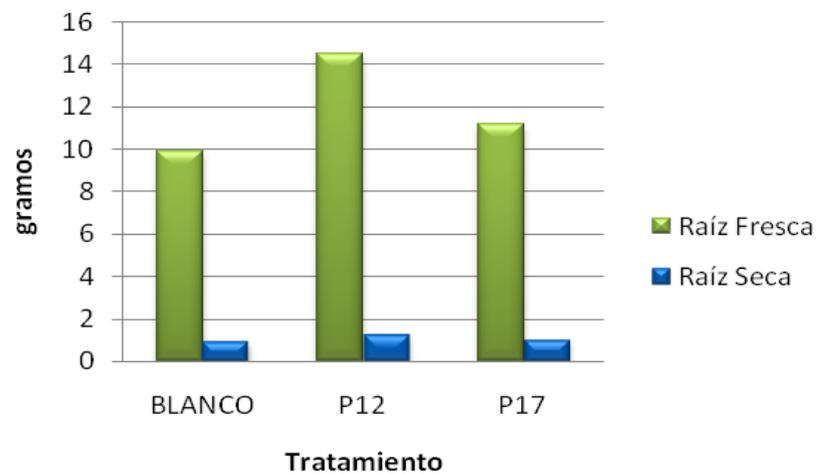


Figura 13. Pesos de la raíz fresca y seca de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Rio Grande.

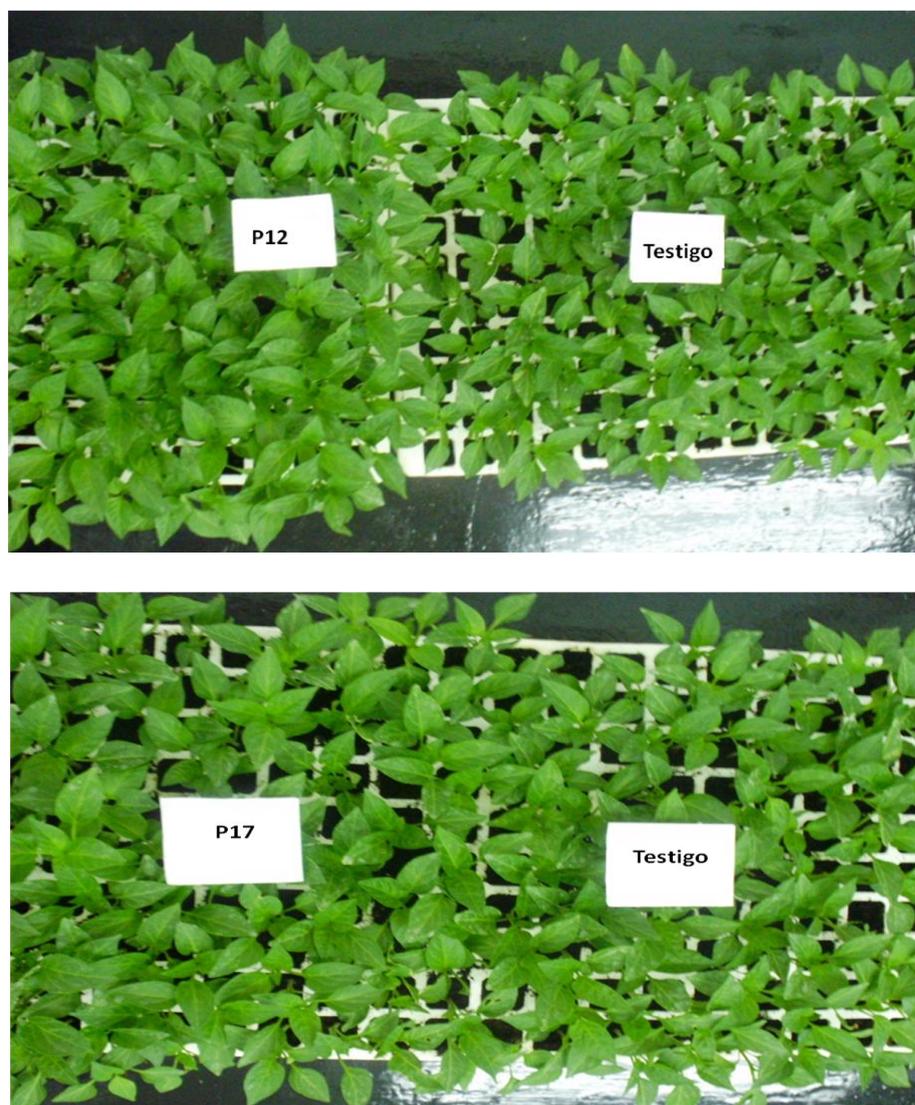


Figura 14. Efecto de la inoculación con las cepas P12 y P17 en la calidad de plántula de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Rio Grande.

V.2. Efecto de las cepas P12 y P17 en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Canon.

La contabilización del número de semillas germinadas se realizó 21 días después de su siembra (Figura 15), debido a que al término de este lapso se alcanzó un porcentaje superior al 95 % de las semillas. Cabe mencionar que aunque no existe

diferencia estadísticamente diferente, el mejor resultado fue para la cepa P17 con un 98.5 % dejando con 2 % al testigo (Cuadro 11). Este mismo comportamiento lo reportó Mohammed y col. en el año de 2005, donde mencionan que la germinación de las semillas mejora al ser inoculadas con microorganismos promotores de crecimiento.

Cuadro 11. Porcentaje de germinación en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Canon

Tratamiento	Semillas germinadas	% Germinación
P12	196	98
P17	197	98.5
Testigo	193	96.5



Figura 15. Plántulas de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Canon a tres semanas de la siembra.

Para el primer mes de corte, las plantas que presentaron frutos listos para cosecha fueron menores para el caso de los inoculados en comparación con el testigo, por lo que en el testigo se contabilizó un mayor número de frutos por plantas. Sin embargo el peso que mostraron los frutos del testigo quedó muy por debajo de las plantas que fueron inoculadas, con una diferencia de 29 g con respecto al

tratamiento de la cepa P12 y con 7 g de diferencia con el tratamiento P17 (Cuadro 12) lo cual al término de la producción puede llegar a variar considerablemente.

Para el segundo mes de corte se registró un mayor número de frutos por planta en aquellas que fueron inoculadas, representando una mejora de 0.74 frutos/planta con P17 y 0.5 frutos/planta con P12. Cabe mencionar que no hubo una mejora en el peso del fruto pero si en la cantidad de frutos por planta. Aunque puede apreciarse que para los tres tratamientos el peso promedio por fruto disminuyó de manera similar con respecto al peso del mes anterior (Cuadro 12).

En el tercer mes se realizó de nueva cuenta con otro muestreo, encontrando que el peso del fruto se mantiene constante en los tres tratamientos, pero el número de frutos por planta seguía siendo ligeramente mayor, encontrándose el tratamiento P12, 0.2 por encima del testigo y del P17 (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto de las cepas P12 y P17 sobre los frutos de pimiento morrón (*Capsicum annum L.*) cv. Canon

	1er mes de corte			2do. Mes de corte			3er mes de corte		
	P12	P17	Testigo	P12	P17	Testigo	P12	P17	Testigo
No. de plantas	19	29	34	30	30	30	30	30	30
No. frutos/planta	1.16	1.4	1.85	2.3	2.5	1.76	1.76	1.56	1.56
Peso promedio/fruto	255	233	226	144	145	145	191	189	181

Al término de estos tres meses de cosecha se procedió a contabilizar los frutos de acuerdo a su peso y así tener una idea más clara de los beneficios de la inoculación sobre la producción final, mostrando que la mayor cantidad de frutos presentan un peso entre los 101-200 g, seguido de los que presentaron pesos de entre los 201-300 g. Cabe mencionar que dentro de estas dos clasificaciones el

tratamiento de la cepa P12 presenta un mayor número de frutos, seguido de la cepa P17 y finalmente el testigo, lo cual nos deja ver que a pesar de que estadísticamente no presentan diferencias significativas, en la producción final el uso de inoculantes mejora la cantidad de frutos de calidad así como los kilogramos cosechados (Cuadro 13 y Figura 16).

Cuadro 13. Frutos cosechados de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.)
cv. Canon de acuerdo a su peso en gramos

Tratamiento	0-100	101-200	201-300	301-400
P12	29	102	51	0
P17	24	83	70	1
BLANCO	24	84	80	1

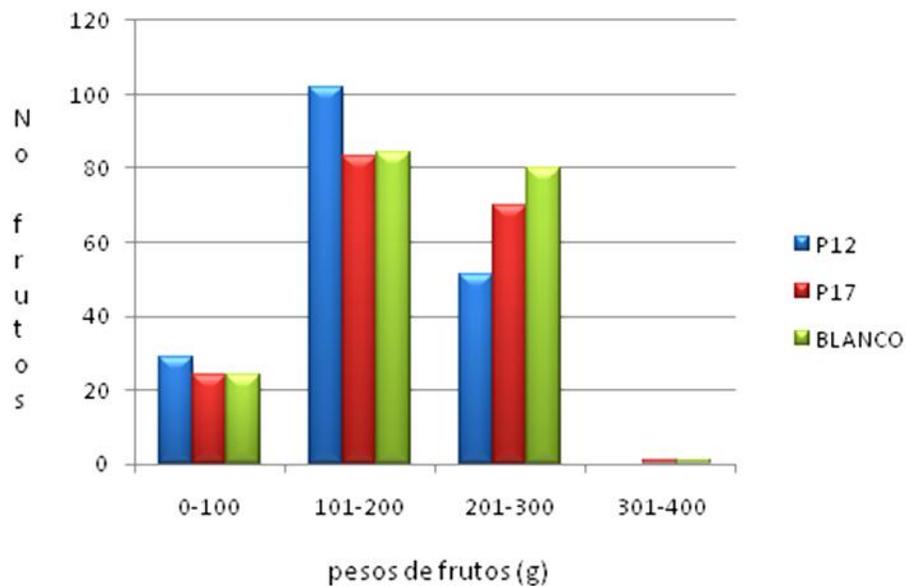


Figura 16. Frutos cosechados de Pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Canon.

VI.3. Color en frutos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Canon.

Respecto a los valores de “L”, “a” y “C” no se lograron observar diferencias estadísticamente significativas durante los dos meses en los que se realizó la prueba, mientras que para el valor de “b” y “h°” se aprecia diferencia para el tratamiento de inoculación P17 durante el primer mes (Cuadro 14).

En cuanto a los valores de “a”, a pesar de que no se observan diferencias significativas, se aprecia que existe un incremento en el color yendo de un 23.86 a un 32.45 (Cuadro 14), lo cual nos indica que existe una mayor presencia de color rojo en las muestras analizadas, lo que se puede explicar por la madurez fisiológica de la planta y de los frutos. La presencia del color rojo se logra apreciar mejor en los valores de “h°”, donde si existe una diferencia significativa en el primer mes entre el blanco y P12 con el P17. Para el segundo análisis no se aprecian diferencias, sin embargo, el incremento en comparación con el primer mes es considerable, ya que va del 19.61 al 33.90, lo cual indicaría que el rojo se vuelve más intenso.

En relación a los valores de “b”, se encontraron valores que van de 8.49 a 21.67, valores que se encuentran por debajo de lo reportado por Hernández y col., (2005), quien reporta valores de 22.34. Cabe mencionar que durante el primer mes del análisis se observa una diferencia significativa entre el tratamiento P17 y los otros tratamientos, demostrando con esto que las muestras pertenecientes a P17 presentan una menor cantidad de amarillo. En el segundo mes, a pesar de que no se presentaron diferencias significativas, el color amarillo se vuelve más evidente, ya que aumentaron sus valores en las muestras analizadas.

El valor más alto para “L” se reportó en el segundo análisis para P12 con un valor de 22.51, mientras que el valor más bajo se reportó en el primer análisis para P17

con 17.92. Entre mayor es el número de “L” quiere decir que la luminosidad aumenta.

Cuadro 14. Efecto del color (L, a, b, C, h°) en frutos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Canon.

Tratamiento	1er mes de corte				
	L	a	b	C	h°
BLANCO	19.22 a ¹	25.61 a	9.56 a	27.34 a	20.47 a
P12	17.95 a	24.77 a	9.03 a	26.37 a	20.02 a
P17	17.92 a	23.86 a	8.49 b	25.33 a	19.61 b

Tratamiento	3er mes de corte				
	L	a	b	C	h°
BLANCO	21.95 a	32.45 a	21.19 a	38.61 a	33.16 a
P12	22.51 a	32.11 a	21.67 a	38.75 a	33.90 a
P17	21.66 a	30.60 a	19.11 a	36.09 a	31.90 a

¹ Tratamientos seguidos por la misma letra no difieren significativamente según la prueba de medias de Student (P=0.05).

V.4. Ácido ascórbico y carotenoides totales en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Canon.

Para el caso del ácido ascórbico, se observan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos inoculados y el testigo, mostrando diferencias de hasta 18.66 mg por cada 100 gramos de fruto (Cuadro 15).

Siller-Cepeda et al., (2005) mencionan que le contenido de vitamina C o ácido ascórbico, es mayor en frutos de pimiento morrón color rojo y amarillo en comparación con los de color verde. En pimiento morrón amarillo reportan valores

de 70 a 89 mg; para los de color naranja valores que van de 89 a 92 mg/100 g de peso fresco. Para el presente trabajo se tiene valores de 112.56 (Testigo), 124.83 (P12) y de 131.22 (P17) mg/100 g de peso fresco (Cuadro 15).

Cuadro 15. Contenido de ácido ascórbico y carotenoides totales en frutos de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) cv. Canon.

Tratamiento	ác. ascórbico (mg/100 g)	Carotenoides totales (ASTA)
Testigo	112.56 b ¹	68.77 a
P12	124.83 a	76.97 a
P17	131.22 a	69.13 a

¹Tratamientos seguidos por la misma letra no difieren significativamente según la prueba de medias de Student (P=0.05).

Los resultados experimentales para la cuantificación de los carotenoides presentes en las muestras analizadas se muestran en el Cuadro 16, en el cual se puede apreciar que la muestra con una unidad mayor de ASTA es la P12 (76.97), seguida de la P17 (69.13) y finalmente el testigo con un valor de 68.77. La literatura nos marca que un pimentón de buena calidad debería alcanzar los 120° ASTA, sin embargo este valor es solo una referencia, ya que este puede variar debido a las formas de secado del fruto fresco, la extracción de los carotenoides, las variedades de pimiento, el grado de maduración al momento de la recolección, el contenido de antioxidantes naturales entre muchos otros factores (Arjona y col., 2003).

V.5. Efecto de las cepas M6, P3, P12 y P17 en pepino (*Cucumis Sativus*) cv. Primavera.

Atendiendo las características de porcentaje de germinación para las semillas de pepino (*Cucumis Sativus*) Cv. Primavera, se encontró que a los cinco días de la

siembra, las semillas inoculadas con la cepa P17 ya habían presentado un 90% de germinación lo que fue una gran ventaja, ya que a los 8 días de la siembra fueron el único grupo de semillas que presentaron un 100 % de germinación (Cuadro 16 y Figura 17). Lo anterior coincide con el trabajo de Cogollo-Rueda (2006) donde menciona que el mejor porcentaje de germinación para las semillas de pepino, rábano y frijol, se encuentran en donde el suelo y las semillas fueron previamente inoculados.

El grupo inoculado con la cepa P12 fue el que presentó menor porcentaje de germinación a los 5 días (75 %), por lo que a los 8 días no logró alcanzar más que un 95 % de germinación final.

Para el proceso de producción de las plantas se puede observar claramente que el grupo de semillas que recibió la inoculación con la cepa P17 obtuvo un mayor número de frutos con un mayor peso de estos, lo que derivó en una mayor producción de kilogramos totales por planta y por grupo de plantas (Cuadro 17).

Seguido a la cepa P17, se observa que la cepa P3 se encuentra por debajo del testigo, aunque estadísticamente no sean diferentes.

Cuadro 16. Porcentaje de germinación en pepino
(*Cucumis Sativus* L.) cv. Primavera

Tratamiento	% germinación	% germinación
	(5 días)	(8 días)
M6	85	95
P3	80	95
P12	75	95
P17	90	100

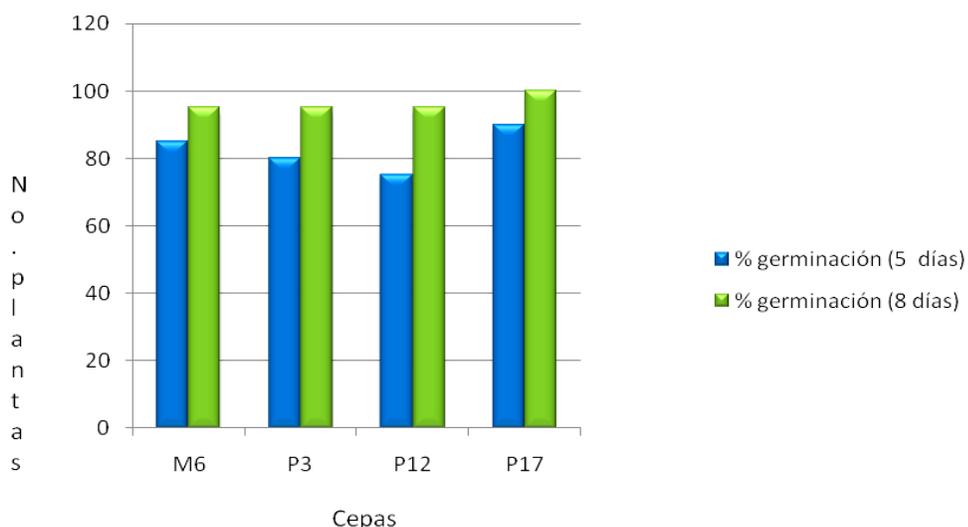


Figura 17. Germinación en pepino (*Cucumis Sativus* L.) cv. Primavera.

Las cepas que mayor diferencia estadística presentan son la M6 y la P12, siendo esta última la que menor producción presentó con un total de kilogramos por planta de 6.3624, lo cual si es comparado con la cepa P17 existe una diferencia en kilos de 2.8458, lo que en la producción comercial se vería directamente disminuido y afectado (Cuadro 17 y Figura 18).

Cuadro 17. Valores de producción en pepino (*Cucumis Sativus*) cv. Primavera.

Tratamiento	Frutos/Planta	kg/planta	kg/fruto	kg totales
M6	19.5 b ¹	7.1081 b	0.3610 a	48.75 b
P3	21.5 a	7.8083 a	0.3623 a	53.75 a
P12	17.5 b	6.3624 b	0.3609 a	43.75 b
P17	25.1 a	9.2082 a	0.3669 a	62.75 a
BLANCO	22.1 a	8.0430 a	0.3658 a	55.25 a

¹Tratamientos seguidos por la misma letra no difieren significativamente según la prueba de medias de Student (P=0.05).

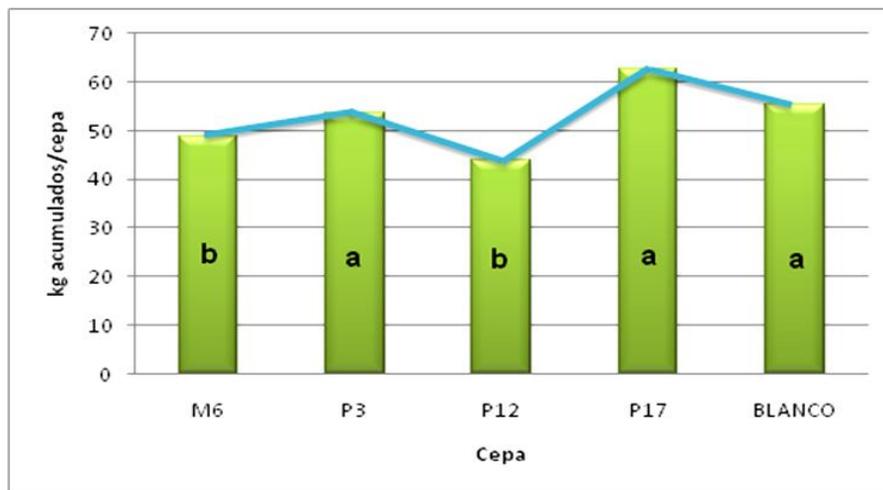


Figura 18. Kilogramos acumulados de frutos de pepino según la cepa inoculada.

¹Tratamientos seguidos por la misma letra no difieren significativamente según la prueba de medias de Student ($P=0.05$).

De la cantidad de kilogramos totales de obtenidos de cada uno de los tratamientos, se procedió a su clasificación para conocer el verdadero valor comercial de sus frutos dando como resultado que a pesar que la cepa P17 fue la que mayor producción presentó, no es la que mejor calidad en sus frutos obtiene. Del total de frutos producidos por planta, solo el 73.31 % corresponde a la calidad de super selecto (18.4 frutos/planta), el 22.71 % a los selectos (5.7 frutos/planta) y el resto a la calidad Small (1 fruto/planta).

La cepa P17 fue el tratamiento que mayor porcentaje de frutos con calidad super selecto produjo, seguida por la P3, el testigo y la M6, presentando solo diferencias estadísticamente significativas con el tratamiento de la cepa P12 (Cuadro 18).

Cabe mencionar que la mayor cantidad de frutos se encuentran en las calidades Super Selecto y Selecto, las cuales presentan tamaños de entre los 18 cm y los 26.7 cm, lo cual nos indica frutos de buen tamaño, además de que son los que mayor demanda presentan en el mercado comercial.

Cuadro 18. Promedio de frutos de pepino, según la clasificación de calidad para exportación.

Tratamiento	Small	Super Selecto	Selecto	Large
M6	1.1 a ¹	13.8 a	4.5 a	0.1 a
P3	0.7 a	17.0 a	3.5 a	0.3 a
P12	0.5 a	13.3 b	3.6 a	0.1 a
P17	1.0 a	18.4 a	5.7 a	0.0 b
TETIGO	1.4 a	14.7 a	5.9 a	0.1 a

¹Tratamientos seguidos por la misma letra no difieren significativamente según la prueba de medias de Student (P=0.05).

V.6. Evaluación de los productos comerciales Bactiva NP y Endospor en pepino (*Cucumis Sativus* L.) cv. Primavera.

En el uso de los productos comerciales Bactiva NP y Endospor se encontró que los mejores rendimientos se apreciaron donde existió la combinación de estos, es decir en los tratamientos F, G y C (Cuadro 19). Cabe señalar que de los dos tratamientos donde los productos comerciales fueron usados individualmente, Bactiva NP presentó una mayor cantidad de kilogramos producidos (1.03 kg) aunque la calidad de los frutos fue menor comparados con el Endospor.

Los tratamientos que mejor respuesta tuvieron fueron aquellos en donde se aplica una mayor cantidad de producto Endospor, localizándose en un rango de 1-2 kg, lo cual es lo recomendado por el fabricante.

Es importante mencionar que a pesar de que no existe diferencia significativa en la longitud de los frutos y el número de frutos por planta, los kilogramos totales cosechados si se ven afectados, encontrándose entre los mejores tratamientos al F

(1 kg Endospor y 1 kg Bactiva NP) y al G (2 kg Endospor y 1 kg Bactiva NP), mientras que en los de menor rendimiento se encuentra el Tratamiento H (Testigo) y al tratamiento D (Endospor 1.5 kg y 1 kg Bactiva). (Cuadro 19 y Figura 19).

Cuadro 19. Indicadores productivos en el pepino.

Tratamiento	g/fruto	cm/fruto	frutos/planta	kg totales	Raíz (kg)
A	338.28 b ¹	20.23 a	14.95 a	17.00 ab	0.017 a
B	349.90 ab	20.57 a	16.91 a	16.03 ab	0.017 a
C	346.51 ab	20.97 a	13.83 a	17.93 ab	0.016 a
D	360.21 a	20.26 a	13.65 a	14.62 b	0.018 a
E	338.59 b	20.26 a	14.65 a	16.85 ab	0.016 a
F	342.46 ab	20.23 a	14.11 a	18.40 a	0.017 a
G	348.96 ab	20.55 a	16.50 a	18.37 a	0.019 a
H	345.29 ab	20.27 a	12.40 a	14.93 b	0.017 a

¹ Tratamientos seguidos por la misma letra no difieren significativamente según la prueba de medias de Student (P=0.05).

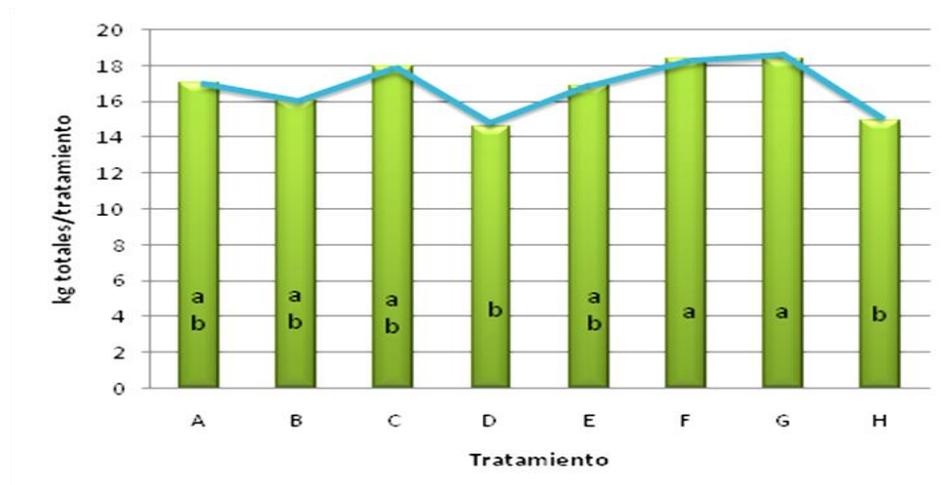


Figura 19. Kilogramos acumulados de frutos de pepino (Tratamientos seguidos por la misma letra no difieren significativamente según la prueba de medias de Student (P=0.05)).

VI. DISCUSIÓN

De acuerdo a las mediciones realizadas se puede determinar que las cepas estudiadas pertenecen al grupo de rizobacterias asociativas, ya que estas no formaron nódulos en la raíz de las plantas, por lo que se entiende que estas se desarrollaron plenamente en el microambiente del suelo, ya que al mejorar las transformaciones bioquímicas que ahí se desarrollaban, dieron como resultado, en todos los casos, una diferencia notable en la producción de las semillas que habían sido inoculadas contra el testigo.

Dentro del experimento realizado con plántulas de pimiento se pudo observar que en general la inoculación de las semillas con las cepas de *Bacillus subtilis* dieron como resultado una mejor germinación, pudiendo observar que la cepa P12 obtuvo una diferencia de 4.4% superior en comparación con el testigo. Lo anterior concuerda con lo reportado por Peñafiel-Cruz en el 2005 y lo observado por Di bárbaro y col.(2005), en los cuales se observa claramente las ventajas de la inoculación de semillas con organismos promotores del crecimiento vegetal.

Los resultados muestran que para el cultivo de pimiento la mejor cepa fue la P12 superando a la P17 y por tanto al testigo, lo cual puede deberse a en la primera la entrada de nutrientes a la planta se vio mejorada, dando como resultado mejores características en las plántulas (altura, diámetro del tallo, peso del vástago y de la raíz). Cabe señalar que al obtener plántulas con mejores características físicas estas dan como resultados plantas más sanas y frutos de mejor calidad.

En cuanto a la producción se puede observar que la mejor cepa fue la P12 a pesar de que a lo largo de los tres meses de cosecha presentó variabilidad en los resultados de producción y a pesar de ello, la mayor parte de sus frutos alcanzaron pesos de entre 101 y 200 g. El testigo fue el que presentó una menor producción final, aunque al inicio mostró mejores resultados que las semillas inoculadas. La diferencia reportada al final del experimento se debe a que los microorganismos

inoculados favorecen la absorción de los nutrientes existentes en el suelo, por lo que además de aprovechar los nutrientes proporcionados por la fertilización, obtienen reservas de los ya existentes.

Debido a que el color en los alimentos es considerado como uno de sus atributos principales de calidad y este determina la aceptación del producto por parte del consumidor, se vuelve de mayor importancia su valoración. Dentro de los pimientos el color es determinado por los carotenoides, los cuales le proporcionan el color rojo que aumenta conforme existe una mayor maduración de los frutos. (Minguez-Mosquera y col., 1996; Fernández y Escarabajal, 2006). Esto se puede observar claramente en nuestros resultados, ya que todos los frutos analizados se tomaron en su punto de corte comercial, es decir cuando presentaron un color rojo uniforme, arrojando como resultados una diferencia de entre 23.86 a un 32.45 para el valor de "a", lo cual nos indica que el color rojo si aumentó conforme la madurez de los frutos siendo la mejor cepa la P12. Aun a pesar de que la cepa P12 si presento diferencias en comparación a la P17, ninguna de estas logro superar a los valores encontrados en los frutos del blanco. En cuanto a los carotenoides se observó que aunque la cantidad total de carotenoides sea mayor en las muestras que fueron inoculadas, el color que se puede apreciar visualmente no tiene una relación directa.

Entre las características reportadas como factores determinantes de la calidad en los frutos de pimiento se encuentra la vitamina C, la cual según Melendez y col. (2004) esta se encuentra muy por encima de los valores contenidos en la fresa y en la naranja. Dichos valores pueden ir en un rango de entre 63 a 243 mg/100 g de peso fresco (Howard y col., 1994; Howard y col., 2000; Tadesse y col., 2002). Cabe señalar que esta variación en la concentración de vitamina C es debida a factores como son la nutrición o hasta la etapa de maduración. Dentro de nuestro experimento se encontraron valores de 112.56 para el testigo, 124.83 para la cepa P12 y de 131.22 para la cepa P17 mg/100 g de peso fresco, demostrando que al

contener una mayor cantidad de Vitamina C el pigmento de los frutos presenta una mayor estabilidad y por tanto una mejor calidad. Dichos resultados coinciden con los reportados por Kim y col., en el 2002, aunque ellos hacen incapie en que esto puede variar también por factores como el agua, el tiempo y el tipo de proceso y secado del pimiento.

La calidad de los pepinos se determina la mayoría de las veces por el tamaño, la longitud y el color de estos, ya que la apariencia es de las características principales que define su adquisición por parte del consumidor. Debido a estas características se puede observar que la cepa con mejor producción fue la P17 seguida del testigo. Dicha cepa presentó una mejor calidad de frutos y una producción mayor de kilogramos por planta de 1.16 kg por encima del testigo.

Comúnmente, tanto a *Bacillus subtilis* como a *Trichoderma harzianum*, se les ha usado en la agricultura como microorganismos antifúngicos, esto por sus propiedades antagonistas ante diversos hongos patógenos como son *Fusarium* y *Rizoctonia Solani*, estudios realizados por Butt y col. (1999) demostraron que además de esas características también presentaban una liberación de componentes celulares los cuales promovían el crecimiento de las plantas. Estos componentes fueron estudiados por Monzón de Asconegui (2003) descubriendo que entre estos componentes se encontraban el ácido indolacético, las citocininas, las giberelinas y algunos sideróforos. A pesar de que en nuestro estudio no se determinaron ninguno de estos componentes se pudo observar que las semillas que fueron inoculadas con ambos productos presentaron una mayor producción con respecto al blanco, donde existió la presencia de *Trichoderma harzianum*, esto porque la asociación que se realiza entre las raíces de las plantas y la micorriza ayuda a obtener una mejor producción de los frutos obtenidos. Esta misma apreciación la realizó Ocampo y col., en el 2001, donde observaron que la interacción en general entre las raíces de las plantas y cualquier organismo de biocontrol o biofertilizante como las bacterias fijadoras de nitrógeno, las micorrizas y

las bacterias promotoras de crecimiento, favorecían notablemente la producción final de frutos.

Actualmente el uso de este tipo de microorganismos dentro de la producción agrícola es muy común debido a las propiedades que presentan y a los beneficios que presentan en la planta y por tanto en los frutos producidos.

VII. CONCLUSIONES

- La inoculación de semillas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cv. Rio grande y Canon, así como las de pepino (*Cucumis Sativus*) cv. Primavera, con la cepa P17 de *Bacillus subtilis* constituye una metodología económicamente posible que puede incrementar su porcentaje de germinación.
- La inoculación en semillas y posteriormente al suelo en el momento del trasplante, con la cepa P17 de *Bacillus subtilis*, mejora notablemente el porcentaje de germinación y la cantidad de frutos producidos en kilogramos.
- La inoculación de semillas con las cepas de *Bacillus subtilis* (M6, P3, P12 y P17) propician probablemente un mejor porte a las plantas, debido a una mejora en la absorción de nutrientes. Dicha ventaja es palpable en los frutos cosechados ya que presentan una mejor uniformidad en peso con lo que se puede obtener producciones más homogéneas.
- El uso de productos que contienen microorganismos reportados como mejoradores del crecimiento (Bactiva NP y Endospor), mejoran considerablemente la producción habitual, viéndose reflejado en los kilogramos totales obtenidos por hectárea cultivada.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Abad-Alegría, F. 2001. Color Rojizo en nuestra historia culinaria, El especiado con azafrán y pimentón en la cocina hispana. Academia Aragonesa de Gastronomía. 48 p.

Agrios, G.N.1997. Fitopatología. 2da ed. Ed. Uteha Noriega Editores.

Aguavil-Enriquez, J.C., Enriquez-Guanga, S.A. 2011. Evaluación del efecto de un probiótico nativo elaborado en base a *Lactobacillus asidophilus* y *Bacillus subtilis* en pollos broiler ross-308 en Santo Domingo De los Tsáchilas. Informe técnico del proyecto de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de ingeniero agropecuario. Escuela Politécnica del Ejército. Departamento de ciencias de la vida. Carrera de Ingeniería en ciencias Agropecuarias. Santo Domingo de los Tsáchilas. Ecuador.

Aguilar-Meléndez, A. 2006. Ethnobotanical and molecular data reveal the complexity of the do, estication of chiles (*Capsicum annuum* L.) México: Universidad de California.

Aguirre-Medina, J.F., Irizar-Garza, M.B., Durpan-Prado, A., Grajeda-Cabrera, O.A., Peña-del río, M.A., Loredó-Ostí, C. y Gutiérrez-Baeza, A. 2009. Los biofertilizantes microbianos: alternativa para la agricultura en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias. Campo experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. Folleto Técnico Núm. 5: 11-30.

Aldaz-Borja, N. C. 2012. Evaluación del efecto de fertilizantes orgánicos sobre algunos componentes de la producción en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.). Tesis para obtener el título de Ingeniero en Horticultura y fruticultura. Universidad Técnica estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de ingeniería Agronómica. Quevedo, Los ríos, Ecuador. 52 p.

Andreú, C. M., Cupull, R.S., Mayea, S.S. 1992. Relaciones antogónicas sobre el crecimiento micelial de *Alternaria solani* Soraver, por *Trichoderma* spp. y *Verticillium* spp. Centro Agrícola, 19(3): 114-116.

AOAC. 2000. Numero de la técnica 967.21. Determinación de ácido ascórbico por método de titulación. Julio 2011.

Arjona, M., Amaya, S., Iriarte, A., García, V., Carbajal, D., Sosa, B. **2002**. Efecto del Sistema de secado en el color y rendimiento de la oleorresina del pimiento en la variedad *Capsicum Annuum* Trompa de elefante. Congreso Regional de Ciencia y Tecnología NOA 2002. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Catamarca.

Arjona, M., Iriarte, A., García, V., Amaya, S. **2003**. Contenido total de carotenoides en pimentón y oleorresina de la variedad *Capsicum annuum* L. trompa de elefante. Congreso Regional de Ciencia y Tecnología NOA. Secretaría de ciencia y Tecnología. Universidad Nacional de Catamarca. Ciencias de la Ingeniería, agronomía y tecnología.

Armenta-Bojórquez, A.D., García, C., Camacho, J.R., Apodaca, M.A., Gerardo, L., Nava, E. **2010**. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. Ra Ximhai. Vol. 6: 51-56.

Ayuso, M. C., Bernalte, M. J., Lozano, M., García, M. I., Montero de Espinosa, V., Pérez, M. M., Hernández, M. T., Somogyi, N. **2008**. Quality characteristics of different red pepper cultivars (*Capsicu, annuum* L.) for hot paprika production. Eur-Food Research Technology. Vol. 227: 557-563.

Badalucco, L. y Nannipieri, P. **2007**. Nutrient transformations in the rhizosphere. Taylor and Francis Group. 111-120 p.

Balcaza, L. **2000**. Fertilización de pimiento. INTA Gran Buenos Aires: 114-120.

Barros, C. **2008**. Los libros de la cocina mexicana. México: CONACULTA.

Bielski, B. H., Richter, H. W., Chan, P.C. **1975**. Some properties of the ascorbate free radical. Ann. N. Y. Acad. Sci. 258: 231-237.

Brack, A. y Mendiola, C. **2011**. Enciclopedia virtual “Ecología del Perú” <http://www.peruecologico.com.pe/libro.htm>. Octubre, 2011.

Bravo-Bravo, P. J.; Zambrano-Bravo, J. F.; Párraga-Múñoz, L. E. **2011**. Influencia de la densidad de siembra y la poda en el cultivo del pepino (*Cucumis Sativus*). EspamCiencia 2(2): 45-48.

Brimecombe, M.J., De Leij, F.A.A.M., Lynch, J.M. **2007**. Rhizodeposition and microbial populations. Taylor and Francis Group. 73-110.

Butt, T.M., Harris, J.G., Powell, K.A. 1999. Microbial biopesticides: The European scene. In "Biopesticides. Use and delivery". Eds. F.R. Hill and J.J. Menn. Human Press, NJ. 23-44.

Byers, T., Perry, G. 1992. Dietary carotenes, vitamin C and vitamin E as protective antioxidants in human cancer. *Ann. Rev. Nutri.* 12:139-159.

Cat-Uc, W.A. 2009. Rendimiento de pimiento tratadas con ácido salicílico. *De Riego, Protección y Nutrición de hortalizas y frutas.* Vol. 45: 78-81.

CEIRD. 2007. Perfil Económico del pepino (*Cucumis Sativus* L.). Gerencia de Inteligencia de Mercados. Sub-gerencia Mercado al exportador. República dominicana. 15 p.

Cogollo-Rueda, L M. 2006. Efecto de inoculantes Microbianos sobre el crecimiento de Rábano (*Raphanus sativus*), frijol canavalia (*Canavalia ensiformis*) y pepino (*Cucumis sativus*). Tesis para obtener el título de Especialista en Química Ambiental. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Especialización en Química Ambiental. Bucaramanga, Colombia. 66 p.

Conabio. Capsicum annum L.; Chile piquín.

<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/capsicumannuum/fichas/ficha.htm>. Agosto, 2011.

Corro Becerril, A. L. 2010. Sobrevivencia de dos aislados bacterianos promotores del crecimiento vegetal en un suelo arcilloso. Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Química. Tesis para obtener el título de Químico Agrícola: 16-17.

CVCA. 2010. Monografía del pepino. Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. Veracruz. 28 p.

Davey, M. V., Van-Montagu, M, Inzé, D., Sanmartín, M., Kanellis, A., Smirnoff, N., Benzie, I. J. J., Favel, D., Fletcher, J. 2000. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *J. Sci. Food Agric.* 80: 825-860.

Díaz-Vargas, P., Ferrera-Cerrato, R., Almaraz-Suárez, J.J., Alcántar González, G. 2001. Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en Lechuga. *Revista Terra.* Vol. 19(4): 327-335.

- Di Bárbaro**, G., Pernas etti, S., Stegmayer A. **2005**. Evaluación del efecto de *Azospirillum brasilense* en la germinación y emergencia del pimiento pimentero (*Capsicum annuum* L. var. Trompa de elefante). Revista del CIZAS. Vol. 6 (1 y 2):74-85.
- Dobbelaere**, S., Vanderleyden, J., Okon, Y. **2003**. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rizosphere. Plant Sciences. Vol. 22:107-149.
- Domsch**, K.H., Gams, W., Anderson, T. **1993**. Compendium of soil fungi. IHV-Verlag. 859 p.
- Driutti**, A., Lombardo, E. y Vallejos, P. **2006**. Modelo alternativo de producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en invernadero plástico, en la región de Montes Caseros, Corrientes. Universidad Nacional del Nordeste, comunicaciones científicas y tecnológicas. Resumen A-013
- Echegaray-Alemán**, A., Ferrera-Cerrato, R., Pérez, M. **1995**. El ciclo del nitrógeno y fases que lo constituyen. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México: 7-35.
- Eifediyi**, E. K. y Remison, S. U. **2010**. Growth and yield of cucumber (*Cucumis Sativus* L.) as influenced by farmyard Manure and Inorganid Fertilizer. Report and opinion 2:1-6.
- Eshbaugh**, W. **1980**. The taxonomy of genus *Capsicum* (Solanaceae). Phytologia 47:153-166.
- FAOSTAT**. Estadísticas de países productores y comercializadores de productos agrícola. <http://faostat.fao.org/>. Agosto, 2011.
- Fernández-Trujillo**, J., Escarabajal, D. **2006**. El proceso tradicional de elaboración del pimentón de Murcia y sus posibles innovaciones. Revista Grasas y aceites, 57(4): 433-442.
- Financiera Rural**. **2008**. La producción de Hortalizas en México. Dirección Adjunta de Fomento y Promoción de Negocios, Dirección Ejecutiva de Diseño de Programas y Productos: 4.
- Fuentes Yague**, J. L. **1999**. El suelo y los fertilizantes. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. 5ª ed. Ed. Mundi-Prensa: 21-33; 91-96; 99,121.

Fundación Hogares Juveniles Campesinos. 2002. Manual Agropecuario, Biblioteca del campo. Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente. P. 711.

Glick, R. B., Todorovic, B., Czarny, J., Cheng, Z., Duan, J., McConkey, B. 2007. Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 26:227-242.

Gómez, C. A., Schewentesius, R. R. 1997. Competitividad de la hortaliza Mexicana en el mercado norteamericano. Meeting of the latin American Studies Association: 2.

González, V., Fragoso, S. 2002. *Bacillus subtilis*. Disponible en <http://www2.cbm.uam.es/microali/pdfs/Bsubtilis.pdf>. Enero 9 de 2013.

González, C. H., Rodríguez, L., Arjona, C., Puertas, A., Fonseca, M. 1999. Efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* R. sobre la composición cuantitativa de bacterias, hongos y actinomicetos de la rizosfera de solanáceas y su influencia en el crecimiento vegetativo. *Investigación Agrícola: Protección Vegetal*, 14(1-2):297-306.

Gruda, N. 2005. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. *Crit. Rev. Plant Sci*. 24: 227-247.

Harbone, J.B., William, C.A. 2000. Advances in flavonoids research since 1992. *Phytochem*. 55: 481-504.

Harris, J. R. 1996. Subcellular biochemistry, ascorbic acid: biochemistry and biomedical cell biology. Vol. 25.

Hebbel, H.S. 1980. Las especias (condimentos vegetales) su importancia en química y tecnología de alimentos y en el arte culinario. Ed. Universitaria. Santiago de Chile: 44-45.

Hernández J., Dorantes L., Jaramillo, M.E., Ramiro, C.A. 2005. Determinación de color de algunas variedades de *Capsicum* su relación con carotenoides totales. Instituto Politécnico Nacional, México. Second World pepper convention.

Hernández-Fuentes, A.D., Campos-Montiel, R., Pinedo-Espinoza, J.M. 2010. Comportamiento poscosecha de Pimiento Morrón (*Capsicum annum* L.) var.

California por efecto de la fertilización química y aplicación de lombrihumus. Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha. Vol. 11(1):82-91.

Hernández-Verdugo, S. 2001. Genetic structure and differentiation of wild and domesticated populations of *Capsicum annuum* (Solanaceae) from México. Plant systematics and evolution: 129-142. Revista.

Hidalgo, A. 1989. Comparación de dos métodos para la selección de aislamientos de *Trichoderma* para el combate biológico de *Fusarium* y *Rhizoctonia* en clavel. Tesis para obtener el título de Licenciado en Agronomía. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 89 p.

Hispanetwork. 2011. Dietas. <http://www.dietas.net/tablas-y-calculadoras/tabla-de-composicion-nutricional-de-los-alimentos/verduras-y-hortalizas/verduras-frescas/pimiento-rojo.html>. Julio 28 de 2012.

Holguin, G., Bashan, Y., Puente, E., Carrillo, A., Bethlenfalvay, G., Rojas, A., Vázquez, P., Toledo, G., Jiménez, M., Glick, B.R., de Basham, L.G., Lebsky, V., Moreno, M., Hernández, J.P. 2003. Promoción del crecimiento en plantas por bacterias de la rizosfera. Agricultura Técnica en México. Vol. 29: 201-211.

Hortyfruta. 2008. Tipificación. Requisitos mínimos de calidad de frutas y hortalizas. Frutas y Hortalizas de Andalucía. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. 13 p.

Howard, L.R., Smith, R.T., Wagner, A.B., Villalón, B., Burns, E.E. 1994. Provitamin A and ascorbic acid content of fresh pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) and processed jalapeños. J. Food Sci. 59:362-365.

Howard, L.R., Talcott, S.T., Brenes, C.H., Villalón, B. 2000. Changes in Phytochemical and antioxidant activity of select pepper cultivars (*Capsicum* Species) As Influenced by Maturity. J. Agric. Food Chem. 48:1713-1720.

Hunziker, A. 1979. South American Solanaceae. New York: Academic Press.

INPOFOS. 1997. Manual Internacional de Fertilidad de suelos: 1-1, 10-6.

I.S.T.A. (International Seed Testing Association). 1993. SeedSci. & Technol., 21, Supplement international rules for seed testing rules 1993. International Seed Testing association Zürich, Switzerland. : 160-165.

- Japón-Quintero, J. 1980.** El Cultivo extensivo del pimiento para industria. Hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura. Núm. 9/80-HD: 2,3, 13.
- Kim, S., Park, J.B., Hwang, I. K. 2002.** Quality attributes of various varieties of Korean red pepper powders (*Capsicum annuum* L.) and colour stability during sunlight exposure. J. Food Sci. 68 (8): 2957-2961.
- Krinsky, N.I., Johnson, E.J. 2005.** Carotenoid actions and their relation to health and disease. Mol. Aspects Med. 26(6): 459-516.
- Lefter, M., Mintzer, R. y Moreno, N.G. 1999.** Calidad de variedades de pimiento para pimentón y efecto de fertilizante sobre la calidad del fruto. Información Tecnológica. Vol. 10 (4): 162-167.
- Llanos, C.E., Manfredi, A.P., Ovando, J.A., Tereschuk, M.L., Álvarez, A.R., Albarracín, P.M. 2008.** Análisis comparativo químico y nutricional de pimentones de la región de Noa. Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. 6 p.
- Lewis, R.J., Sax, N.I. 1993.** Diccionario de Química y de productos químicos. Ed. Omega. Barcelona: 926.
- Loredo-Osti, C., López-Reyes, L., Espinosa-Victoria, D. 2004.** Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas. Revista Terra. Vol. 22: 225-239.
- Lucero-Flores, J.M., Sánchez-Verdugo, C. 2012.** Innovación tecnológica de sistemas de producción y comercialización de especies aromáticas y cultivos élite en agricultura orgánica protegida con energías alternativas de bajo costo. Inteligencia de mercado de Pimiento morrón verde. Ed. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. 83 p.
- Lugtenberg, B., Kamilova, F. 2009.** Plant-growth-promoting dhryzobacteria. Annual Review of Microbiology. 63:541-556.
- Markus, F., Daood, H.G., Kapitany, J., Biacs, P.A. 1999.** Change in the carotenoid and antioxidant content of spice red pepper (paprika) as a function of ripening and some technological factors. J. Agric. Food Chem. 47: 100-107.

- Meléndez-Martínez, A.J., Vicario, I. M., Heredia, F. J. 2004.** Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 54(2): 9.
- Méndez-Trujillo, V., González-Mendoza, D., Gutiérrez-Miceli, F.A. 2005.** Contenido de carotenoides y color extractable de nuevos cultivares en Chile pimiento. Revista Chapingo Serie Horticultura 11(2): 215-218.
- Mínguez-Mosquera, M.I., Hornero-Méndez, D.1994.** Comparative study of the effect of paprika processing on the carotenoids in peppers (*Capsicum annuum*) of the bola and agri dulce varieties. J. Agric. Food Chem. 42: 1555-1560.
- Mohammadi, A., Omid, M. 2010.** Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Applied Energy 87: 191-196.
- Mohammed E., Requena, M.E., Candela, M.E. 2005.** Producción de proteínas-PR en la inducción de Resistencia a *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annum* L.) tratadas con *Trichoderma harzianum*. Anales de Biología. 27:143-153.
- Montaño Mata, N. y Cedeño, E. 2002.** Evaluación agronómica de siete cultivares de pimentón (*Capsicum annum* L.). Revista UDO Agrícola. Vol. 2 (1): 95-100.
- Montaño Mata, N. y Simosa, J. 2002.** Efecto de combinaciones de lombriz roja (*Eisenia fetida* L.) y fertilizante químico en el rendimiento de tres cultivares de pimentón (*Capsicumm annum* L.). Revista UDO Agrícola. Vol. 2 (1): 79-83.
- Montero San José, L., Duarte Díaz, C., Cun González, R. 2009.** Factibilidad Económica y ambiental del uso de biofertilizantes micorrízicos. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. Núm. 8: 56-61.
- Monzón de asconegui, M.A. 2003.** *Azospirillum* y su interacción con las plantas. Microbiología Agrícola. Un aporte de la investigación Argentina. Universidad Nacional de Santiago del Estero. 131-142.
- Mora Avilés, M. O. 2010.** “Aislamiento y caracterización de Rizobacterias de suelos agrícolas con potencial de ser empleados como “biofertilizantes” en la producción de hortalizas” Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Tesis para obtener el título de Licenciado en Biología. 20-25

- Namiki, M. 1990.** Antioxidants/antimutagens in food. CRC. Crit. Rec. FoodSci. Nutri. 29: 273-300.
- Nelson, D.W., Swearing, M.L., Beckham, L.S. 1978.** Response of soybeans to commercial soil-applied inoculants. Agron. J. 70: 517-518.
- Nuez, F., Gil, R., Costa, J. 2003.** El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Mundi prensa, Madrid.
- Ocampo, O., Jiménez, D., Salas, G., Mena, V., Virgen, C., Flores, O., Olalde, P. 2001.** Uso de Microorganismos Rizosféricos en Solanáceas. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN U. Irapuato. Depto. Biotecnología y Bioquímica.
- Peñafiel-Cruz, B.R., 2005.** Evaluación de diferentes dosis de Microorganismos eficientes (ME) en el cultivo de pepino (*Cucumis Sativus*) híbrido Atar Ha-435. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agropecuario. Escuela Superior Politécnica del Litotal. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil-Ecuador. 129 p.
- Pérez-Galvez, A.; Hornero-Méndez, D.; Mínguez-Mosquera, M.I. 2004.** Changes in the carotenoid metabolism of *Capsicum* fruit during application of modeled slow drying process for paprika production. J. Agric. Food Chem. 52(3), 518-522.
- Rey, A.M., Chamorro, D.R., Ramírez, M. 2005.** Efecto de la doble inoculación de rizobios y micorrizas sobre la producción y la calidad del forraje de *Leucaena Leucocephala*. Revista Corpoica. Vol. 6(2): 52-59.
- Reyes, I., Alvarez, L., El-Eyoubi, H., Valery, A. 2008.** Selección y evaluación de rizobacterias promotoras del crecimiento en pimiento y maíz. Bioagro. Vol. 20 (1): 37-48.
- Rodríguez, Z.S. 2007.** Microbiología agrícola. Ed. Trillas. México, D.F. :254-269.
- Rodríguez-Villa, K. 2012.** Importancia del chile *Capsicum annum* L. como un recurso alimentario en México. Tesis. Universidad Veracruzana. Facultad de Biología.
- Romero-Arenas, O., Huerta-Lara, M., Damian-Huato, M.A., Domínguez-Hernández, F., Arellano-Victoria, D.A. 2009.** Características de *Trichoderma harzianum*, como

agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. Revista Colombiana de Biotecnología. Vol. 9(2): 143-151.

Ruíz, J. M. y Romero, L. 1998. Yield and Fruit Quality of Pepper (*Capsicum annum* L.) in response to bioregulators. Hort Science. Vol. 33 (1): 85-87.

SAGARPA. 2005. Pliego de condiciones para el uso de la marca Oficial México Calidad Suprema en Pepino.

SAGARPA, BANCOMEXT, SE. 2005. Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema en Pimiento Morrón.

Sánchez, J. 2007. Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas, conceptos básicos. FERTITEC, S.A.

Sandoval, C. 2004. Manual técnico integrado de enfermedades en cultivos hidropónicos. Universidad de Talca, Talca, Chile. Disponible en: www.rlc.fao.org/prior/segalim/aup/pdf/integra1.pdf. Febrero 15 de 2013.

Samuels. 1996. *Trichoderma*: a review of biology and systematics of the genus. Mycological Research. Vol. 100: 923-935.

Sauberlich, H. E. 1994. Pharmacology of vitamin C. Annu. Rev. Nutr. 14:371-391.

SEDEA, SAGARPA, INEGI. 2010. Anuario Estadístico del Sector Rural. Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Rural Sustentable. Ed. Oeirus. Querétaro: 40-51.

SIAP. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. www.siap.gob.mx. Agosto, 2011.

Siller-Cepeda, J., Báez-Sañudo, M., Muy-Rangel, P., Contreras-Martínez, R., Contreras-Angulo, L. 2005. Carotenoides, ácido ascórbico y otros nutrimentos en chiles morrones rojos, amarillos y anaranjados producidos en invernadero. Centro de investigación en Alimentación y Desarrollo, Sinaloa, México. Second World pepper Convention.

Smith, R.S. 1992. Legume inoculant formulation and application. Can J. Microbiology. 38: 485-492.

SNIIM. Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados. www.economia-sniim.gob.mx. Agosto, 2011.

Tadesse, T., Hewett, E.W., Nichols, M.A., Fisher, K.J. **2002**. Changes in physicochemical attributes of sweet pepper cv. Domino during fruit growth and development. *Sci. Hortic.* 93: 91-103.

Terry-Alonso, E., Leyva, A., Hernández, A. **2005**. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo de tomate. *Revista Colombiana de Biotecnología*. Vol. 7(2): 47-54.

TRADE MAP. Trade statistic for international business development. www.mityc.es. Agosto 2011.

Uren, N.C. **2007**. Types, amounts and posible functions of compounds released into the rhizosphere by soil-grown plants. Taylor and Francis Group.1-22.

Weisburg, W.G., Barns, S.M., Pelletier, D.A., Lane, D.J. **1991**. 16S ribosomal DNA amplification for phylogenetic study. *Journal of bacteriology* 173:697-703.