

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**



**RENDIMIENTO Y CALIDAD DE CHILE BELL (*Capsicum annuum* L.) BAJO  
CONDICIONES DE INVERNADERO**

**POR:**

**LILIANA DÍAZ PÉREZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**MAYO DE 2010**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE CHILE BELL (*Capsicum annuum* L.) BAJO  
CONDICIONES DE INVERNADERO

POR:

LILIANA DÍAZ PÉREZ

TESIS

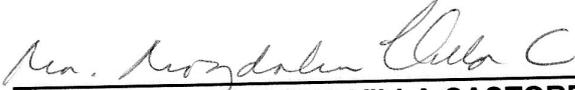
QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR, COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

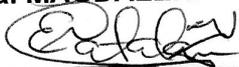
ASESOR PRINCIPAL  
INTERNO:

  
Ph.D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA

ASESOR PRINCIPAL  
EXTERNO:

  
Ph.D. Ma. MAGDALENA VILLA CASTORENA

ASESOR.

  
Ph.D. ERNESTO A. CATALÁN VALENCIA

ASESOR

  
MC. ABEL ROMÁN LÓPEZ

  
ME. VICTOR MARTINEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MAYO 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. LILIANA DÍAZ PÉREZ QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H.

JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL

TÍTULO DE:

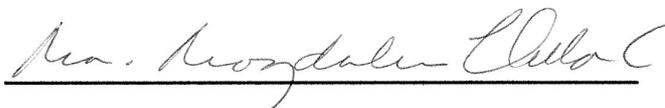
INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADO POR:

PRESIDENTE DEL JURADO:

  
\_\_\_\_\_  
Ph.D. VÍCENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA

VOCAL:

  
\_\_\_\_\_  
Ph.D. Ma. MAGDALENA VILLA CASTORENA

VOCAL:

  
\_\_\_\_\_  
M.C. ABEL ROMÁN LÓPEZ

VOCAL SUPLENTE:

  
\_\_\_\_\_  
M.C. J. GUADALUPE GONZÁLEZ

  
\_\_\_\_\_

ME. VICTOR MARTINEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MAYO DE 2010



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

## **AGRADECIMIENTO ESPECIAL**

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmosfera (CENID-RASPA), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Gómez Palacio, Durango bajo la dirección y asesoría de la Ph.D. Ma. Magdalena Villa Castorena y forma parte del proyecto “Incremento de la productividad del Agua, Rendimiento y Calidad de Chile Bell mediante Tecnología de invernadero” con clave de registro DGO-2006-C01-44111 y fue financiado por el Fondo Mixto FOMIX-DURANGO.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A MI “ALMA TERRA MATER”**, por brindarme la oportunidad de formar parte de esta gran familia y haberme cobijado durante cinco años en los cuales me brindo las herramientas suficientes para afrontar mi vida profesional.

**AL CENID-RASPA**, por permitirme utilizar sus instalaciones, herramientas y personal de trabajo que fueron de importancia para la realización de la presente investigación.

**AL Ph.D. MARIA MAGDALENA VILLA CASTORENA**, en especial por haber actuado como director de este proyecto de tesis y la oportunidad de realizar este proyecto de investigación.

**AL Ph.D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA**, por su acertada asesoría en la realización de este trabajo y por su enseñanza que me brindo durante mi carrera profesional.

**AL Ph.D. ERNESTO ALONSO CATALAN VALENCIA**, por su valiosa contribución y la oportunidad de realizar la revisión de este proyecto.

**AL MC. ABEL ROMÁN LÓPEZ**, por su gran apoyo en la revisión de este proyecto de tesis y por su amistad que me brindo durante mi carrera.

**AL MC. MARIA DE LOURDES GONZÁLEZ LÓPEZ**, por su amistad y apoyo incondicional que me brindo durante la realización de este proyecto.

## *DEDICATORIAS*

### **A DIOS**

Gracias te doy oh Dios por otorgarme el amor y la oportunidad de vivir, por estar a mi lado en los momentos difíciles de mi vida, dándome salud y enseñándome a compartir mi vida con los seres que quiero. Por iluminar mi camino para terminar satisfactoriamente mi carrera profesional.

### **A MIS PADRES**

**A la Sra. Arabela Pérez Álvaro y el Sr. Nicolás Díaz Méndez**, por el infinito amor, cariño y comprensión, que me han brindado día a día, por apoyarme económicamente durante la carrera, siempre han luchado por sacarnos adelante, por su esfuerzo y sacrificio hoy concluyo mis estudios profesionales, a ustedes más que nadie le dedico este tributo con todo corazón **GRACIAS** por todo.

### **A MI HERNANO**

**Miguel Arnaldo Díaz Pérez**, por ser el único hermano que he tenido en la vida, por su cariño, confianza que siempre me ha brindado y apoyándome durante la terminación de mi carrera.

### **A MI NOVIO**

**Rafael Marín**, con todo mi amor, a quien le debo toda mi felicidad, gracias por comprenderme, por compartir los momentos más felices de mi vida. Y por tu apoyo incondicional que me has brindado durante mi carrera. **“te amo”**.

### **A TODA MI FAMILIA**

**A mis abuelos: la Sra. María Méndez y el Sr. Miguel Díaz**, por sus consejos, que me brindaron durante mis estudios y su cariño que siempre me han compartido.

**A toda la familia: Díaz López (2), Díaz Guzmán, Díaz Astudillo, Díaz Vázquez**, por su cariño, amistad y apoyo incondicional que me ha brindado durante mi carrera y

que siempre confiaron en mí, y por todos aquellos consejos que me han brindado por salir adelante.

**A la familia Pérez Arias, Pérez Álvaro,** por su amistad, confianza y apoyo incondicional que me han brindado durante la culminación de mis estudios.

#### **A MI TIO**

**Ing. Héctor Armando y su familia,** por su amistad, comprensión y confianza que me brindó durante mis estudios, por él le doy las gracias por apoyarme incondicionalmente.

#### **A MIS PRIMOS**

**Ing. José Ángel y Bernardo,** por su cariño, comprensión y compañía que ellos me brindaron durante mi carrera.

#### **A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE LICENCIATURA**

**Mario Alberto, Diego, Gilberto, Gebroham, Jetzahel, Rafael, Osbaldo, Marciano y Ramiro,** por todos aquellos que me brindaron su amistad y apoyo incondicional en los momentos difíciles de mi vida.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Paginas

<b>AGRADECIMIENTO ESPECIAL .....</b>	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>II</b>
<b>DEDICATORIAS .....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURA .....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>X</b>
<b>I INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
<b>III HIPÓTESIS .....</b>	<b>3</b>
<b>IV METAS.....</b>	<b>3</b>
<b>V REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
5.1 Origen del chile pimiento .....	4
5.2 Clasificación Taxonómica .....	5
5.3 Anatomía, Fisiología de la planta .....	5
5.3.1 Planta.....	5
5.3.2 Sistema radicular .....	6
5.3.3 Tallo principal.....	6
5.3.4 Hoja.....	6
5.3.5 Flor.....	6
5.3.6 Fruto.....	7
5.4 Características botánicas .....	7
5.5 Composición química y valor nutritivo .....	8
5.5.1 Vitaminas.....	9
5.5.2 Capsaicina .....	10
5.5.3 Pigmentos .....	10

5.5.4	Carbohidratos .....	11
5.5.5	Fibra .....	11
5.5.6	Otros componentes .....	11
5.6	Uso de chile pimiento .....	12
5.7	Producción mundial y nacional de chile pimiento .....	13
5.7.1	Situación nacional.....	18
5.8	Etapas fenológicas y desarrollo.....	21
5.8.1	Germinación y emergencia.....	21
5.8.2	Crecimiento de plántula .....	21
5.8.3	Crecimiento vegetativo.....	21
5.8.4	Floración y fructificación .....	22
5.8.5	Nutrición en chile pimiento .....	23
5.8.6	Extracción de nutrientes por el cultivo de pimiento .....	24
5.9	Prácticas culturales de chile pimiento en invernadero .....	28
5.9.1	Desinfección de suelo y/o sustrato según sea el caso y la estructura.....	28
5.9.2	Levantado de surco o definición de cama de siembra .....	29
5.9.3	Entutorado.....	29
5.9.3	Riego.....	30
5.9.5	Fertilización.....	31
5.9.6	Cálculo de soluciones nutritivas .....	32
5.9.7	Sanidad y prevención de plagas y enfermedades.....	35
5.9.8	Deshierbes.....	35
<b>VI</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>36</b>
6.1	Localización geográfica de la Comarca Lagunera .....	36
6.2	Ubicación del experimento .....	36
6.3	Diseño experimental.....	36
6.4	Factores de estudio .....	37
6.5	Manejo del cultivo .....	40
6.5.1	Siembra y transplante .....	40
6.5.2	Poda.....	41
6.5.3	Entutorado.....	41
6.5.4	Deshojado .....	41
6.5.5	Aplicación de pesticidas.....	41
6.5.6	Riego.....	41
6.5.7	Cosecha .....	42
6.6	Variables de respuesta .....	43

<b>VII</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>44</b>
7.1	Rendimiento total de fruto.....	44
7.2	Componentes de rendimiento.....	45
7.3	Grosor de la pared de fruto.....	47
7.4	Nutrientes en hoja .....	48
7.5	Nutrición en fruto .....	51
7.6	Eficiencia en uso de agua.....	54
<b>VIII</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>IX</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> composición química y valor nutritivo de pimiento dulce por 100gr de producto comestible (grubben, 1977). .....	8
<b>Cuadro 2.</b> países productores de chile, superficie y rendimiento (faostat, 2006) .....	14
<b>Cuadro 3.</b> rendimiento de chile en los países que emplean tecnologías de alta precisión la aplicación del riego y fertilizante (doorenbos y pruit, 1976). .....	15
<b>Cuadro 4.</b> principales exportadores de chile (faostat, 2006). .....	17
<b>Cuadro 5.</b> principales importadores de chile (faostat, 2006). .....	18
<b>Cuadro 6.</b> producción por tipo de chile en México (sagarpa, 2006).....	20
<b>Cuadro 7.</b> niveles foliares de referencia para cultivo de pimiento (cadahía, 1988).....	25
<b>Cuadro 8.</b> cantidad de nutrientes extraídos por tonelada de fruto fresco producido (anstett et al., 1965; rodríguez et al., 1989; martínez et al., 1989). .....	26
<b>Cuadro 9.</b> extracción periódica acumulativa de nutrientes del pimiento grueso de invernadero para una producción de 10 kg m <sup>-2</sup> (rincón et al., 1993). .....	27
<b>Cuadro 10.</b> soluciones nutritivas probadas. cenid-raspa inifap 2009. ....	38
<b>Cuadro 11.</b> análisis químico del agua de riego. cenid-raspa inifap 2009.....	39
<b>Cuadro 12.</b> rendimiento de fruto en cada solución nutritiva y material genético evaluado. cenid-raspa inifap, 2009.....	45
<b>Cuadro 13.</b> componentes del rendimiento de fruto en cada solución nutritiva y material genético evaluado. ....	47
<b>Cuadro 14.</b> grosor de la pared de fruto en cada material genético evaluado. ....	48
<b>Cuadro 15.</b> efecto de la solución nutritiva sobre la eficiencia de uso de agua. ....	55

## ÍNDICE DE FIGURA

<b>Fig. 1.</b> siembra en charolas de poliestireno de 200 cavidades.....	40
<b>Fig. 2.</b> sistema de riego por goteo, con dos hileras de cintilla.....	42
<b>Fig. 3.</b> sensores de humedad.....	42
<b>Fig. 4.</b> concentración de n en la hoja de chile pimiento a los 120 días después del transplante. cenid-raspa inifap, 2009.....	49
<b>Fig. 5.</b> concentración de p en la hoja de chile pimiento a los 120 días después del transplante. cenid-raspa inifap, 2009.....	50
<b>Fig. 6.</b> concentración de k en la hoja de chile pimiento a los 120 días después del transplante. cenid-raspa inifap, 2009.....	50
<b>Fig. 7.</b> concentración de mg en la hoja de chile pimiento a los 120 días después del transplante. cenid-raspa inifap, 2009.....	51
<b>Fig. 8.</b> concentración de n en el fruto de chile pimiento a los 120 días después del transplante. cenid-raspa inifap, 2009.....	52
<b>Fig. 9.</b> concentración de p en el fruto de chile pimiento a los 120 días después del transplante. cenid-raspa inifap, 2009.....	52
<b>Fig. 10.</b> concentración de k en el fruto de chile pimiento a los 120 días después del transplante. cenid-raspa inifap, 2009.....	53
<b>Fig. 11.</b> concentración de ca en el fruto de chile pimiento a los 120 días después del transplante. cenid-raspa inifap, 2009.....	54
<b>Fig. 12.</b> concentración de mg en el fruto de chile pimiento a los 120 días después del transplante. cenid-raspa inifap, 2009.....	54

## RESUMEN

La producción de chile bell en invernadero es importante. Cultivo atractivo para fines de exportación que tiene gran demanda en el mercado internacional. Por lo tanto la obtención de información agronómica sobre el comportamiento de cultivares, manejo de riego y nutrientes es útil para lograr mayores rendimientos e ingresos. El propósito de este trabajo fue evaluar la respuesta de tres materiales genéticos de chile bell bajo condiciones de invernadero y tres diferentes soluciones nutrimentales. La investigación se desarrolló en invernadero de clima controlado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID RASPA ubicado en el km 6.5 margen derecha del canal Sacramento, en Gómez Palacio, Dgo, México.

El diseño experimental trabajado fue bloques al azar con tres repeticiones y arreglo de tratamientos en parcelas divididas. Se estudiaron tres híbridos: cálix (rojo), PB 99205 (amarillo) y magno (naranja), y tres soluciones nutrimentales que variaron en dos etapas fenológicas, de transplante a inicio de floración y de inicio de floración a la última cosecha. La siembra se realizó en charolas de poliestireno con 200 cavidades llenas con turba (peat moss) como sustrato el primero de febrero del 2007. Cuando las plántulas tuvieron una altura de 15 cm y de cinco a seis hojas se llevó a cabo el transplante en canaletas de cemento de 3.8 X 10.0 m llenas con un sustrato de 30 cm de arena. La distancia entre hileras y entre plantas fue de 1.20 m y 0.30 m, respectivamente. Se instaló un sistema de riego por goteo, con dos hileras de cintilla, para la aplicación de agua y nutrientes. La cantidad de agua y tiempo de riego se determinaron mediante la medición del contenido de agua del suelo permitiendo un nivel de abatimiento máximo de 17 cbs. Se aplicaron de tres a cinco riegos durante el

día y las láminas de riego variaron de 1 mm a 4 mm. Los resultados indican que el pimiento amarillo mostró el rendimiento de fruto más alto, frutos más grande y de mayor peso. Ese pimiento tuvo un rendimiento de  $8.90 \text{ kgm}^{-2}$ , fruto de 254 g con dimensiones de 9.6 y 9.1 cm de largo y ancho y una productividad del agua de  $10\text{-}15 \text{ kg/m}^{-3}$ . El rendimiento, sus componentes y eficiencia de uso de agua respondieron de manera positiva al incremento de baja a media concentración de la solución nutrimental pero no a alta concentración.

**Palabras claves:** Riego, materiales genéticos, soluciones nutrimentales, cosecha, rendimiento.

## I INTRODUCCIÓN

La producción agrícola en regiones áridas y semiáridas del país se ve limitada seriamente por baja disponibilidad de agua debido principalmente a la escasa precipitación y demanda creciente de agua por otros sectores como el industrial y de consumo humano. Una alternativa de producción en esas regiones la constituye los invernaderos que permiten ahorrar agua, obtener mayores rendimientos y mejor calidad de fruto, cosecha fuera de temporada, cuando los precios en el mercado son más atractivos (Robledo y Martín, 1988; Jensen y Malter, 1995).

La implementación de tecnología de invernaderos se ha incrementado notablemente en México en los últimos años. Sin embargo, la mayor parte de esta tecnología proviene de otros países como son España, EUA, Canadá y Francia (Macías *et al.*, 2003), donde las condiciones ambientales, sociales y económicas son diferentes a las de nuestro país. De ahí la necesidad de adaptar y/o generar tecnología de invernaderos para las condiciones de nuestro país donde además se tome en cuenta los diferentes propósitos de producción como son autoconsumo, nacional y de exportación para lo cual los niveles de inversión serán diferentes.

El chile bell es un cultivo atractivo para fines de exportación ya que tiene gran demanda en el mercado internacional, es exigente en cuanto a nutrientes (Hedge, 1997) y su cultivo en invernadero está incrementando en los últimos años (Molina 2004; Urrutia, 2002). Por lo tanto la obtención de información sobre el comportamiento de cultivares, manejo del riego y nutrientes es de utilidad para lograr mayores rendimientos e ingresos.

## **II OBJETIVOS**

Evaluar la respuesta de tres materiales genéticos de chile bell a tres diferentes soluciones nutrimentales bajo condiciones de invernadero.

## **III HIPÓTESIS**

Los materiales genéticos responden de igual manera a las soluciones nutrimentales bajo condiciones de cultivo de invernadero.

## **IV METAS**

Obtener la mejor variedad y solución nutrimental para la producción de chile bell bajo condiciones de invernadero.

## V REVISIÓN DE LITERATURA

### 5.1 Origen del chile pimiento

Especie originaria de América. La distribución probablemente se extendió desde el borde más meridional de EE.UU. hasta la zona templada cálida del sur de Sudamérica (Heiser, 1970). La planta de pimiento es originaria de México, Bolivia y Perú, donde además del *Capsicum annuum* L. se cultivan al menos otras cuatro especies.

Los pimientos llegaron a Europa en el primer viaje realizado por Colón en el año 1493 a América. Los indígenas americanos conocían el fruto por el nombre de chili, pero los españoles y portugueses lo bautizaron con el nombre de pimiento (Heiser, 1970).

Su cultivo en España comenzó a realizarse en el siglo XVI. Posteriormente se extendió a Italia y de ese país a Francia para distribuirse a toda Europa y resto del mundo gracias a la colaboración de los portugueses.

La introducción del pimiento en Europa supuso un avance importante en las costumbres culinarias debido que se empleaba como complemento de una especia muy popular, la pimienta negra. De hecho, llegó incluso a sustituirla. Su consumo en Europa data de hace varios siglos. Sin embargo las variedades de pimientos grandes, suaves y poco picantes que se consumen en la actualidad se consiguieron a principios del siglo XX gracias a los cultivos intensivos. (<http://verduras.consumer.es/documentos/hortalizas/pimiento/imprimir.php>)

## **5.2 Clasificación Taxonómica**

De acuerdo a (Vilmorín, 1977) la taxonomía del chile pimiento dulce (tipo bell) es la siguiente:

Nombre científico: *Capsicum annuum* L.

División: Embriophyta

Subdivisión: Angiospermas

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Polemoniales

Familia: Solanáceae

Género: *Capsicum*

Especie: *annuum*

## **5.3 Anatomía, Fisiología de la planta**

Las características morfológicas son las siguientes (Cronshaw, 1981; Fahn, 1985; Mauseth, 1988)

### **5.3.1 Planta**

Herbácea perenne con ciclo de cultivo anual de porte variable entre 0,5 metros (en determinadas variedades de cultivo al aire libre) y más de 2 metros (gran parte de los híbridos cultivados en invernadero).

### **5.3.2 Sistema radicular**

Pivotante y profundo (dependiendo de la profundidad y textura de suelo), con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 centímetros y un metro.

### **5.3.3 Tallo principal**

Es de incremento limitado y erecto. A partir de cierta altura (“cruz”) emite 2 o 3 ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continua ramificándose en forma dicotómica hasta el final de su ciclo (los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas).

### **5.3.4 Hoja**

Entera lampiña y lanceolada, con ápice muy pronunciado y peciolo largo y poco aparente. El haz es glabro (liso y suave al tacto) de color verde más o menos intenso, y brillante. El nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del peciolo, del mismo modo que los nervios secundarios que son pronunciados, llegan casi al borde de la hoja. La inserción de hojas en el tallo tiene lugar en forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de hoja adulta y peso medio del fruto.

### **5.3.5 Flor**

Las flores aparecen solitarias en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas. Son pequeñas y constan de una corola blanca. La polinización

es autógama, aunque puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10%.

### **5.3.6 Fruto**

Baya hueca, semicartilaginosa y deprimida, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando de verde a anaranjado y rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar de escasos gramos hasta más de 500g. La semilla se encuentra inserta en una placenta cónica de disposición central. En redondeada, ligeramente reniforme, de color amarillo pálido, y longitud variable entre 3 y 5 centímetros. (<http://www.cidh.org.mx/monografias/pimiento.html>)

## **5.4 Características botánicas**

El fruto de la especie es una baya de características muy variables, la forma varía entre redonda, acorazonada, aguda, cilíndrica y cuadrada, con color externo de blanco a negro, aunque predominan los colores amarillos, verdes y rojos. El pericarpio es más o menos grueso o carnoso y encierra dos o más espacios interloculares, donde se ubica una placenta unida bozalmente al receptáculo y cáliz, mediante septas intraloculares, a las paredes del pericarpio mismo. En la placenta se disponen numerosa semilla pequeña, plana y de color crema a pardo. ([http://www.puc.cl./sw\\_educ/hortalizas/html/aji/organo\\_consumo\\_aji.html](http://www.puc.cl./sw_educ/hortalizas/html/aji/organo_consumo_aji.html))

## 5.5 Composición química y valor nutritivo

El contenido nutricional del pimiento es alto en comparación con otras hortalizas de amplio consumo, como el tomate. En el Cuadro 1 se muestra su composición química y valor nutritivo.

**Cuadro 1.** Composición química y valor nutritivo de pimiento dulce por 100gr de producto comestible (Grubben, 1977).

<b>Composición</b>	<b>Pimiento dulce</b>
<b>Materia seca (%)</b>	8,0
<b>Energía (Kcal)</b>	26,0
<b>Proteína (gr)</b>	1,3
<b>Fibra (gr)</b>	1,4
<b>Calcio (mg)</b>	12,0
<b>Hierro (mg)</b>	0,9
<b>Carotenos (mg)</b>	1,8
<b>Tiamina (mg)</b>	0,07
<b>Riboflavina (mg)</b>	0,08
<b>Niacina (mg)</b>	0,8
<b>Vitamina C (mg)</b>	103,0

Los componentes que determinan el valor nutricional del pimiento se divide en dos grupos (Somos, 1984). Uno engloba a aquéllos que fijan su valor biológico, sabor específico, color y uso como condimento. A este grupo pertenecen las

vitaminas, capsaicina, a los pigmentos y varios aceites volátiles. En el otro grupo enmarca azúcares, fibra, proteínas, minerales y cierto tipo de ácido orgánicos. De acuerdo a este criterio se describen los más importantes.

### **5.5.1 Vitaminas**

El pimiento contiene vitamina A, C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y P. El contenido del pimiento en vitamina A es elevado, estimándose que con 3-4g de pimiento rojo se cubren los requerimientos diarios de vitamina A de una persona adulta. En pimiento la vitamina A no se encuentra en forma directamente utilizable, sino que está en forma de provitamina, la cual es transformada en vitamina A en el hígado de humanos y de animales. Estas provitaminas son  $\alpha$  y  $\beta$  caroteno y criptoxantina. De las tres, la más importante es  $\beta$  caroteno, por que se encuentra en mayor proporción y de cada molécula se obtienen dos de vitamina A, mientras que el  $\alpha$  caroteno y criptoxantina solo proporcionan una molécula de vitamina A por molécula de provitamina. También destaca el pimiento por su alto contenido en vitamina C (entre 70-300 mg/100g por peso fresco), aunque hay diferencia grande entre variedades, ya que las de color verde generalmente contienen más vitamina C que las de color amarillo. Por otro lado el contenido de vitamina C del pimiento es afectado por varios factores de tipo agronómico como son: cultivo al aire libre o en invernadero, marco de plantación, riego, estado de madurez del fruto, etc.

### **5.5.2 Capsaicina**

La capsaicina es el principio picante del pimiento, encontrándose ausente en las variedades dulces. Es una sustancia de naturaleza alcaloide. Concretamente se trata de un protoalcoide, cuya fórmula empírica es  $C_{18}H_{27}O_3N$ , siendo un producto de condensación de ácido decilénico y de 3-hidroxi-4 metoxi benzilamida. En la actualidad se sabe que la capsaicina no es un compuesto simple, sino que se trata de una mezcla de varias amidas, comúnmente conocidas con el nombre de capsaicinoides, siendo la capsaicina la más importante entre ellas.

El contenido en capsaicina es mayor en la placenta y septo, en donde representa un 2,5% de la materia seca, mientras que el contenido medio del fruto es del 0,6%, de la semilla de 0,7% y del pericarpio 0,03%. El contenido en capsaicina depende de la variedad y cambios de los factores ambientales básicos. La formación de capsaicina es mayor a temperatura elevada (en torno a los 30 °C) que a temperatura suave (21-24°C).

### **5.5.3 Pigmentos**

Por su composición química, los pigmentos contenidos en el fruto del pimiento se incluyen dentro del grupo de los carotenoides. Los carotenoides son pigmentos amarillos, rojo-anaranjados o rojos, que pueden encontrarse en las hojas, junto con la clorofila, o en otras partes de la planta, tales como raíz, fruto, etc. Los carotenoides son mezclas de varias estructuras químicas.

Los pigmentos del fruto del pimiento se pueden dividir en tres grupos:

Los pigmentos principales o característicos: capsantina ( $C_{40}H_{58}O_3$ ) y capsorubina ( $C_{40}H_{60}O_4$ ), que son los que dan el color rojo. Los pigmentos con efectos de provitamina: criptoxantina ( $C_{40}H_{56}O$ ) y  $\beta$ -caroteno ( $C_{40}H_{56}$ ). Y otros pigmentos carotenoides: zeaxantina ( $C_{40}H_{56}O$ ) y luteína ( $C_{40}H_{56}O$ ).

El contenido en pigmentos depende de la variedad y fertilización aplicada. Con dosis mayores de  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de N el contenido de pigmentos decrece. Hay una correlación positiva entre el contenido de estos pigmentos y el de clorofila.

#### **5.5.4 Carbohidratos**

En el pimiento la mayor parte de los azúcares sencillos están representados por la glucosa (90-98), el resto es sacarosa. La pectina también es un carbohidrato importante y está presente en un 3-7%.

#### **5.5.5 Fibra**

El contenido en fibra del pimiento es de aproximadamente 20-24% de la materia seca.

#### **5.5.6 Otros componentes**

Además de los componentes citados anteriormente, en el pimiento se encuentran aceites volátiles y sustancias minerales. Otro aspecto a tener en cuenta es el contenido en agua. En el pimiento dulce, la proporción de agua varía de 82 a 92%, mientras que en los pimientos picantes se encuentra en un 70%. Esto es importante a la hora de comparar el valor nutritivo del pimiento dulce y

picante, ya que, por ejemplo, el valor nutritivo medio referido a peso fresco del pimiento dulce es de 6,61 y el del picante es de 27,92, mientras que si lo referimos a materia seca, es de 82,6 y 80,7 respectivamente.

## **5.6 Uso de chile pimiento**

En una u otra forma, el pimiento está presente en la cocina de la mayoría de los países del mundo. A grandes rasgos su uso culinario es como condimento especial, colorante u hortaliza. El pimiento dulce, carnoso, utilizado como hortaliza cruda o cocinada, fue adquiriendo importancia en España, Italia, Francia, Grecia y otros países de la Europa meridional durante el siglo XVIII. Posteriormente se difundió a otros países occidentales como EE.UU. Actualmente interviene en la elaboración de ensaladas y múltiples platos, siendo más usada en la cocina de Europa meridional. En una muestra de 132 receta de un conocido libro de cocina española, el 42,60% utiliza pimiento (Font Quer, 1990).

Una parte importante del pimiento dulce sufre un procesado en la industria de alimentos, bien escaldado o asado y envasado con su jugo o con aceite. El pimiento es un excitante más bien culinario que medicinal. Sin embargo, se ha empleado con utilidad en casos de dispepsia y estimulante digestivo. También es rubefaciente energético, activando la circulación de la sangre en la zona afectada (Font Quer, 1990). Algunos pueblos americanos siguen utilizando esta planta con fines medicinales (Schultes y Raffauf, 1991). Los pueblos árabes lo emplean como afrodisíaco y antidisentérico. A principios de siglo se utilizó el pimentón como remedio eficaz contra las hemorroides, dado que la incidencia de esta afección es

muy rara en las poblaciones que hacen gran uso de este condimento. En la farmacopea africana también se usa para combatir las infecciones intestinales, como antiparasitario, antidiarreico, astringente, cicatrizante y antihemorroidal. No han faltado tampoco los usos mágicos y religiosos, históricamente el chile ha desempeñado un papel importante en ceremonias religiosas y en la cultura de muchos pueblos americanos. (Brücher, 1989).

### **5.7 Producción mundial y nacional de chile pimienta**

El chile es una especie que ha tenido un considerable aumento de consumo en los últimos años, en todo el mundo. Mientras que desde hace mucho tiempo ha sido consumido principalmente en países en vías de desarrollo como los latinoamericanos, africanos y asiáticos, por una parte, debido a la gran cantidad de inmigrantes que lo demandan, y por otra, la población en general ha empezado a dar sabor a sus platos con el chile pimienta o dulce (FAOSTAT, 2006). Desde 1993, la producción mundial de chiles ha tenido un crecimiento del 48% en superficie y duplicando los volúmenes de producción. Este aumento en la producción de chiles se debe a la creciente demanda de este producto en todas sus presentaciones (fresco, seco y procesado).

Según los datos más recientes la superficie mundial sembrada de chiles asciende a 1'696,891 hectáreas, con una producción de 25'015,498 toneladas (FAOSTAT, 2006). De 1993 a la fecha se observa un incremento de 40% en los rendimientos unitarios, debido al uso de nuevas tecnologías, quedando en un promedio de 14.74 ton/ha.

China es el país que presenta una mayor participación en la producción de chile. Su superficie sembrada actual es de 612,800 hectáreas, lo que representa un 36% de la superficie sembrada mundialmente, con una producción de 12'531,000 toneladas, esto es más de la mitad de la producción mundial de chile al año (FAOSTAT, 2006).

**Cuadro 2.** Países productores de chile, superficie y rendimiento (FAOSTAT, 2006)

<b>País</b>	<b>Área</b>	<b>Rendimiento (Ton ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Producción (Ton)</b>
<b>China</b>	612,800	20.45	12,531,000
<b>México</b>	140,693	13.17	1,853,610
<b>Turquía</b>	88,000	19.83	1,745,000
<b>Estados Unidos</b>	34,400	28.42	977,760
<b>España</b>	22,500	42.36	953,200
<b>Indonesia</b>	173,817	5.01	871,080
<b>Otros</b>	624,681	-----	6,083,848
<b>Total</b>	1,696,896	14.74	25,015,498

México ocupa el segundo lugar en volumen de producción y el tercero en superficie cosechada, con 140,693 has y 1'853,610 toneladas, participando con el 8% del área y el 7% de la producción mundial (Cuadro 2). De acuerdo a la producción obtenida le siguen, Turquía, Estados Unidos, España e Indonesia, representando juntos el 25% del volumen mundial de producción.

Los países que presentan rendimientos más altos son aquellos que emplean tecnologías de alta precisión en la aplicación del riego y fertilizante, entre los que se encuentran Holanda y Reino Unido con 262 y 247 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente. El siguiente grupo lo forman Kuwait, Australia, Israel, Bélgica, España, Japón y Francia, presentando rendimientos superiores a 40 ton ha<sup>-1</sup> (Cuadro 3). El promedio mundial es de 19.60 ton ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 3.** Rendimiento de Chile en los países que emplean tecnologías de alta precisión la aplicación del riego y fertilizante (Doorenbos y Pruitt, 1976).

<b>Países</b>	<b>Rendimiento (ton ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>Holanda</b>	262.50
<b>Reino Unido</b>	247.27
<b>Kuwait</b>	70.00
<b>Australia</b>	55.38
<b>Israel</b>	51.30
<b>Bélgica</b>	42.50
<b>España</b>	42.36
<b>Japón</b>	41.89
<b>Francia</b>	41.54

Un grupo intermedio de países con rendimiento entre 20 y 40 ton ha<sup>-1</sup> lo integran Estados Unidos, Italia, Francia, Japón, Grecia y Turquía, entre otros. México presenta un rendimiento de 13.17 ton ha<sup>-1</sup> debido principalmente a la

mediana a baja tecnología de producción que tienen las regiones del país. Desde 1993, el comercio mundial de Chile ha presentado un incremento promedio anual de 8% en volumen, y 11% en ingresos. Registros recientes de la FAO indican 1, 701,515 toneladas con un valor de \$2, 834,789 miles de dólares en 2004. El volumen de importaciones se ha incrementado 128%, mientras que su valor en 196% de 1993 a 2004. Las exportaciones han aumentado, en ese mismo período, un 106%, mientras que su valor económico ha ascendido en un 193%, según datos de la (FAO 2006).

Estados Unidos y Alemania son los dos países con mayor participación en las importaciones, representando entre ambos 43% del volumen y 46% del valor de las importaciones mundiales, seguidas Reino Unido, Francia, Holanda y Canadá. Si bien es cierto que no se consume el producto en estos países en el mismo volumen que en América Latina, Asia o África, éstos destinan mayor superficie al cultivo de otros productos de mayor demanda en sus mercados, como tomate o papa, de ahí que abastecen sus necesidades de Chile en los mercados externos, principalmente de las variedades no picantes. (Casseres, 1981).

En Estados Unidos se ha registrado un incremento en el consumo de Chile, en todas sus variedades, 38% en la última década, con un promedio de consumo por persona de 2.7 kilos en 2003-2005. Países como Alemania, Reino Unido y Francia procesan el Chile, ya sea para uso industrial o para alimentario. México en 2004, se ubicó como el principal exportador de Chile del mundo, con un volumen de 432,960 toneladas, según datos de la FAO 2006, seguido de España y

Holanda. Entre los tres caben más del 64% del volumen y 73% del valor económico de las exportaciones mundiales, (DGEA, 2000).

En el valor de la exportación de Chile, sobresale Holanda, con un volumen menor que España y México, recibe mayor proporción del valor de las exportaciones. Esto se debe principalmente a que la producción de Holanda, al ser de invernadero con condiciones controladas, logra cosecha de excelente calidad durante los meses invernales, con lo que obtienen los mejores precios en el mercado internacional. En la proporción inversa se encuentra China, con un 4% del volumen mundial de exportación, representando únicamente 1% del valor económico. Los precios de venta de Chile dependen en gran medida del tipo y calidad, así como la oportunidad de época en que se tiene disponibilidad.

**Cuadro 4.** Principales exportadores de Chile (FAOSTAT, 2006).

<b>País</b>	<b>Toneladas</b>	<b>Miles de dólares</b>
<b>Holanda</b>	330,776	798,313
<b>España</b>	395,437	675,032
<b>México</b>	432,960	576,690
<b>USA</b>	93,701	126,234
<b>Canadá</b>	49,206	106,103
<b>Israel</b>	65,100	105,507
<b>China</b>	66,579	15,217
<b>Otros países</b>	364,528	408,494
<b>Total</b>	1,798,287	2,811,590

**Cuadro 5.** Principales importadores de chile (FAOSTAT, 2006).

<b>País</b>	<b>Toneladas</b>	<b>Miles de dólares</b>
<b>USA</b>	445,997	742,838
<b>Alemania</b>	282,179	560,940
<b>Reino Unido</b>	115,984	269,291
<b>Francia</b>	119,306	195,923
<b>Holanda</b>	77,079	151,155
<b>Canadá</b>	95,726	141,562
<b>Otros países</b>	565,241	773,080
<b>Total</b>	1,701,512	2,834,789

### **5.7.1 Situación nacional**

Los tipos de chile de mayor importancia a nivel nacional, por el área dedicada a su siembra, son jalapeño, ancho, serrano, bell, y marisol, los cuales ocupan 75% del total de área siembra. Consecuencia del alto consumo per cápita, 80% del total producido se destina al mercado interno; el restante, se exporta principalmente en los tipos bell, Anaheim, y jalapeño. Es importante señalar que 40% del total nacional se destina a la producción de chile seco, siendo el chile pasilla el principal producto de este tipo, (Pozo *et al.*, 1991).

La mayor parte de chile verde exportado por México se envía a USA, la exportación ocurren principalmente durante los meses de noviembre a mayo,

cuando por razones de clima no hay producción en ese país. Además, se cuenta con otros destinos para el chile Mexicano como son: Canadá, Alemania, España, Suecia, Japón, Hong Kong, y Latinoamérica.

El principal estado Mexicano exportador de chile bell es Sinaloa. El grueso de la exportación ocurre durante el periodo de diciembre a mayo, se exporta en sus variantes verde, amarillo o rojo. Parte del producto es producido bajo condiciones de ambiente controlado y semi-controlado, especialmente en casa sombra. Otros estados exportadores importantes de este tipo de chile son Baja California y Sonora. La producción de California, en USA, compite ventajosamente con el producto mexicano, ocurriendo la cosecha en ese estado durante el periodo de mayo a noviembre.

**Cuadro 6.** Producción por tipo de chile en México (SAGARPA, 2006).

<b>TIPO</b>	<b>2000 (ton/ha)</b>	<b>2001 (ton/ha)</b>	<b>2002 (ton/ha)</b>	<b>2003 (ton/ha)</b>
<b>Chile Habanero</b>	534	1,427	2,602	4,589
<b>Chile Seco</b>	77,953	78,908	83,054	79,269
<b>Chile Seco Ancho</b>	N.D	N.D	2,148	1,995
<b>Chile Seco Costeño</b>	N.D	N.D	N.D	323
<b>Chile Seco Pasilla</b>	N.D	N.D	N.D	236
<b>Chile Seco Tabaquero</b>	274	286	460	197
<b>Chile Verde</b>	1,173,788	1,299,476	1,092,393	914,185
<b>Chile verde Anaheim</b>	N.D	N.D	N.D	22,204
<b>Chile Verde Bell Pepper</b>	N.D	N.D	N.D	51,808
<b>Chile Verde de Agua</b>	N.D	N.D	2,324	2,160
<b>Chile Verde de Árbol</b>	N.D	N.D	251	104
<b>Chile Verde Guajillo</b>	N.D	N.D	18	2,112
<b>Chile Verde Jalapeño</b>	157,856	158,883	173,100	229,508
<b>Chile Verde Manzano</b>	416	415	N.D	70
<b>Chile Verde Marisol</b>	12	65	36	N.D
<b>Chile Verde Morrón</b>	7,046	2,126	1,593	862
<b>Chile Verde Perón</b>	216	518	1,148	1,539
<b>Chile Verde Piquín</b>	N.D	N.D	N.D	38
<b>Chile Verde Poblano</b>	10,670	15,413	15,003	28,479
<b>Chile Verde Serrano</b>	N.D	22,958	51,291	109,567
<b>TOTAL</b>	<b>1,428,786</b>	<b>1,580,478</b>	<b>1,441,885</b>	<b>1,450,018</b>

[www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx)

## **5.8 Etapas fenológicas y desarrollo**

### **5.8.1 Germinación y emergencia**

El período de preemergencia varía entre 8 y 12 días, y es más rápido cuando la temperatura es mayor. Cualquier daño que ocurra durante este período tiene consecuencia letal y ésta es la etapa en que se presenta la mortalidad máxima (IBPGR, 1983).

### **5.8.2 Crecimiento de plántula**

Luego del desarrollo de las hojas cotiledóneas, inicia el crecimiento de las hojas verdaderas, que son alternas y más pequeñas que las hojas de una planta adulta. De aquí en adelante, se detecta un crecimiento lento de la parte aérea, mientras la planta sigue desarrollando el sistema radicular, es decir, alargando y profundizando la raíz pivotante y empieza a producir algunas raíces secundarias laterales (Esau, 1972).

### **5.8.3 Crecimiento vegetativo**

A partir de la producción de sexta a octava hoja, la tasa de crecimiento del sistema radicular se reduce gradualmente; en cambio la de follaje y la de tallo se incrementa, las hojas alcanzan el máximo tamaño, el tallo principal se bifurca y a medida que la planta crece, ambos tallos se ramifican (Denisen, 1991).

Generalmente la fenología de la planta se resume en: germinación y emergencia, crecimiento de plántula, crecimiento vegetativo rápido, floración y

fructificación. Si se va a sembrar por transplante, éste debe realizarse cuando la plántula inicia la etapa de crecimiento rápido. La tasa máxima de crecimiento se alcanza durante tal periodo y luego disminuye gradualmente a medida que la planta entra en etapa de floración y fructificación, y los frutos en desarrollo empiezan a acumular los productos de la fotosíntesis (Casseres, 1981).

#### **5.8.4 Floración y fructificación**

Al iniciar la etapa de floración, el chile dulce produce abundantes flores terminales en la mayoría de las ramas, aunque debido al tipo de ramificación de la planta, parece que fueran producidas en pares en las axilas de las hojas superiores. El periodo de floración se prolonga hasta que la carga de frutos cuajados corresponda a la capacidad de madurarlos que tenga la planta. Bajo condiciones óptimas, la mayoría de las primeras flores produce fruto, luego ocurre un periodo durante el cual la mayoría de las flores aborta (Novák y Betlach, 1970). A medida que los frutos crecen, se inhibe el crecimiento vegetativo y producción de nuevas flores.

Cuando los primeros frutos empiezan a madurar, se inicia una nueva fase de crecimiento vegetativo y producción de flores. De esta manera, el cultivo de chile dulce tiene ciclos de producción de fruto que se traslapan con los siguientes ciclos de floración y crecimiento vegetativo. Este patrón de fructificación da origen a fruto con distinto grado de madurez en las plantas, lo que usualmente permite cosecha semanal o bisemanal durante un período que oscila entre seis y 15 semanas, dependiendo del manejo el cultivo (Kato y Tanaka, 1971).

El mayor número de frutos y frutos de mayor tamaño se producen durante el primer ciclo de fructificación, aproximadamente entre 90 y 100 días. Los ciclos posteriores tienden a producir progresivamente menos frutos o frutos de menor tamaño, como resultado del deterioro y agotamiento de la planta. (<http://www.centa.gob.sv/documentos/guias/chile.pdf>)

### **5.8.5 Nutrición en chile pimiento**

Para aprovechar la alta eficiencia de la técnica de fertirrigación, es necesario conocer las necesidades de agua del cultivo y la extracción de nutrientes, que la cosecha del chile pimiento realiza a lo largo de su ciclo. La aportación de nutrientes deberá estar fundamentada, por lo tanto, en lo que concierne a su concentración y equilibrios periódicos, en los parámetros biológicos de la planta y características del medio del cultivo (Alam, 1994).

Según diferentes autores existe dos fases distintas en el ritmo de crecimiento de la planta de pimiento, (Miller *et al*, 1979; Locascio *et al.*, 1985; Rincón *et al.*, 1993). En la primera fase, considerada de crecimiento lento, sintetiza 50% de la materia seca total producida y comprende, para cultivos bajo invernadero, de transplante hasta la segunda recolección, con una duración media de 110-120 días. La segunda fase, de crecimiento rápido, comprende el resto del periodo del cultivo, con una duración media de 40-50 días.

El porcentaje de materia seca acumulada en los distintos órganos vegetativos de la planta, varía según el estado fenológico de la misma. Las hojas presentan más de 50%, de prácticamente el transplante hasta la primera

recolección de frutos (100 días después del trasplante). Posteriormente son los frutos los que representan el mayor porcentaje hasta el final del periodo de cultivo, significando 65% del total de la materia seca acumulada. Durante el periodo de maduración de frutos, la planta disminuye el ritmo de crecimiento, debido a que la mayor parte de los productos sintetizados son almacenados en los mismos. El índice de área foliar (superficie foliar total de la planta respecto a la superficie que le corresponde en el suelo, según marco de plantación), alcanza al final del cultivo un valor medio de 4.5 (45.000 m<sup>2</sup> por ha) para una densidad de plantación de 2.5 planta por m<sup>2</sup> (Rincón *et al.*, 1993).

#### **5.8.6 Extracción de nutrientes por el cultivo de pimiento**

Diversos factores influyen en el ritmo de absorción de nutrientes por el cultivo, entre los cuales se señala: materia vegetal, condiciones ambientales, calidad del agua de riego y técnicas de cultivo. De todos los órganos vegetativos de la planta, las hojas han mostrado ser las que dan una información más precisa de la absorción de nutrientes (Hedge, 1997).

En el (Cuadro 7) se muestra los valores medios de referencia de la concentración mineral en la hoja de pimiento (Cadahía, 1988).

**Cuadro 7.** Niveles foliares de referencia para cultivo de pimiento (Cadahía, 1988).

<b>Nutriente</b>	<b>Alto</b>	<b>Normal</b>	<b>Medio</b>
<b>Nitrógeno (%)</b>	5.1-6.0	4-5	3-3.9
<b>Fósforo (%)</b>	0.7-0.8	0.3-0.7	0.2-0.3
<b>Potasio (%)</b>	5.6-6.0	4.5-5.5	3.5-4.5
<b>Calcio (%)</b>	4.1-5.0	2.0-4.0	0.5-1.9
<b>Magnesio (%)</b>	1.8-2.5	1.0-1.7	0.5-1.9
<b>Manganeso (ppm)</b>	201-500	90-200	41-89
<b>Hierro (ppm)</b>	201-500	80-200	61-80
<b>Cobre (ppm)</b>	21-50	10-20	13-19
<b>Boro (ppm)</b>	61.80	20-60	13-19
<b>Zinc (ppm)</b>	61-100	25-60	15-24

En el (Cuadro 8) se presenta la cantidad total de macronutrientes extraídos por tonelada de fruto fresco producido, en cultivos al aire libre, según (Anstett *et al* 1965; Rodríguez *et al.* 1989; Martínez y Rodríguez, 1989) y en cultivos bajo invernadero sin calefacción, según (Graifenberg *et al.* 1985 y Rincón *et al.* 1993). De este cuadro se deduce que existe diferencia en la extracción según variedad y forma de cultivo.

Las extracciones en cultivo en invernadero son mayores en potasio y menores que el fósforo en campo (Graifenberg *et al.* 1985).

**Cuadro 8.** Cantidad de nutrientes extraídos por tonelada de fruto fresco producido (Anstett et al., 1965; Rodríguez et al., 1989; Martínez et al., 1989).

Condición	de N	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
<b>crecimiento</b>					
<b>AIRE LIBRE</b>					
Var. Doux des Landes	3.72	1.03	4.98	2.96	0.60
<b>AIRE LIBRE</b>					
Var. Bola y Negral	3.30	0.93	5-75	—	—
Var. Belrubi Datler	2.30	0.74	4.50	—	—
<b>AIRE LIBRE</b>					
Var. Morrón de conserva	2.33	0.77	3.56	—	—
<b>INVERNADERO</b>					
Var. Yolo Wonder	4.10	0.52	5.12	3.78	0.46
Var. Helder F <sub>1</sub>	5.25	0.67	6.69	4.81	0.64
<b>INVERNADERO</b>					
Var. Lamuyo F <sub>1</sub>	2.93	0.76	4.60	1.69	1.07

En el (Cuadro 9) se muestra la extracción periódica acumulativa de macronutrientes, en un cultivo de pimiento en invernadero de tipo Lamuyo F<sub>1</sub>, con una producción de 10 Kg m<sup>-2</sup> (Rincón *et al.*, 1993). De la cantidad total extraída, los frutos exportan la mayor parte de nitrógeno (64%) y fósforo (75%), siendo el resto de órganos vegetativos (hojas, tallos y pecíolos) los que acumulan la mayor cantidad de calcio (95%) y magnesio (75%). El potasio es acumulado

aproximadamente en partes iguales por frutos y resto de órganos vegetativos. Según estos mismos autores, la mayor cantidad de nutrientes extraída por el cultivo, se consume de la primera recolección hasta el final del periodo del cultivo, siendo las proporciones medias extraídas en esta etapa (100-165 días después del trasplante) de 70% de N, 79% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 62% de K<sub>2</sub>O, 54% de Ca y 65% de Mg.

**Cuadro 9.** Extracción periódica acumulativa de nutrientes del pimiento grueso de invernadero para una producción de 10 Kg m<sup>-2</sup> (Rincón et al., 1993).

Tiempo medio (*)			Kg ha <sup>-1</sup>				
Días después del trasplante	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg		
35	1.80	0.30	3.00	1.20	0.50		
55	8.80	1.60	18.50	5.70	2.30		
70	26.25	5.20	52.00	16.00	6.50		
85	46.00	8.50	91.00	26.00	10.00		
100	85.50	20.00	163.00	55.00	22.50		
120	140.00	32.00	273.00	71.00	32.50		
140	215.00	54.00	370.00	91.00	45.00		
165	293.00	76.00	460.00	121.00	63.00		

(\*) La duración del periodo de cultivo puede variar en función de las condiciones climáticas.

## **5.9 Prácticas culturales de chile pimiento en invernadero**

Las prácticas culturales más comunes para la producción de chile pimiento bajo condiciones de invernadero se mencionan a continuación:

### **5.9.1 Desinfección de suelo y/o sustrato según sea el caso y la estructura**

Finalidad de prevenir la aparición de plagas y enfermedades, ésta se puede realizar por medio de la aplicación de bromuro de metilo inyectado al suelo. Para la eficiencia de este método el suelo debe de estar cubierto con películas de plástico de grandes dimensiones, para provocar se vicie el oxígeno bajo el plástico y en las capas superficiales del suelo y provocar la muerte de plagas y destrucción de esporas de enfermedades que se encuentren en latencia esperando condiciones propicias para su desarrollo, así como semillas de maleza (Quezada, 1989). Otra metodología es la solarización de suelo que consiste en cubrir completamente el suelo a trabajar con plástico transparente y dejar por espacio de dos o tres semanas con el invernadero completamente cerrado, bajo el plástico se eleva la temperatura del suelo hasta en 50°C, lo cual provoca la muerte de plagas y semillas, o bien con la aplicación e incorporación de productos químicos que proporcionen los efectos antes mencionados sobre plagas y maleza ahí contenidas (Muñoz-Ramos, 2003).

### **5.9.2 Levantado de surco o definición de cama de siembra**

Esta labor dependerá en gran medida del cultivo a establecer y tipo de plantación a realizar, ya que si es en cama hay que formarla y darle la disposición deseada, o bien el trazo de surco, para lo cual hay que levantar la cama de siembra con la tierra del invernadero. En la primera situación se incorpora material de fijación del cultivo como son sustratos o medios de desarrollo (Nuez *et al.*, 1996).

### **5.9.3 Entutorado**

Práctica imprescindible para mantener la planta erguida, ya que los tallos del pimiento se parten con mucha facilidad. Las plantas en invernadero son más tiernas y alcanzan una mayor altura, por ello se emplean tutores que faciliten las labores de cultivo y aumente la ventilación. Pueden considerarse dos modalidades (Quezada, 1989):

#### **Tutorado tradicional.**

Consiste en colocar los hilos de polipropileno (rafia) y palos (postas, varas) en la línea de cultivo de forma vertical, espaciados a 3.0 m entre cada uno y se unen entre sí, mediante hilos horizontales, dispuestos a distinta altura, que sujetan a las plantas entre ellos. En algunas regiones del país, se evita el construir el emparrillado y para suplirlo se coloca un alambre en la parte alta de las varas y de ahí se descuelgan los hilos para cada planta; los hilos que se tienden en forma

horizontal, se van amarrando a los postes de madera que detienen las plantas y se evita el quebrado de plantas.

### **Tutorado holandés.**

Cada uno de los tallos dejados a partir de la poda de formación, se sujetan al emparrillado con un hilo vertical que se va liando a la planta conforme va creciendo. Esta variante requiere mayor inversión en mano de obra con respecto al tutorado tradicional; pero supone una mejora de la aireación general de la planta y favorece el aprovechamiento de la radiación y realización de las labores culturales (destallados, recolección, etc.), lo que repercutirá en la producción final, calidad de fruto y control de enfermedades.

### **5.9.3 Riego**

El momento oportuno de la aplicación del riego está supeditado al cultivo que se esté trabajando, de acuerdo al estadio y tipo de cultivo son los requerimientos de agua. Es recomendable el que revise y cheque constantemente que no existan fugas ni taponamiento en las líneas de conducción ni en emisores cuando se utilice riego presurizado. La programación del riego es una metodología que permite determinar el nivel óptimo de riego a aplicar a los cultivos (Ortega y Farias, 1998).

Esta consiste en establecer la frecuencia (¿Cuándo regar?) y tiempo de riego (¿Canto regar?) de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas del predio. Una apropiada programación del riego permite optimizar el uso del agua y maximizar la producción y calidad de los productos agrícolas. Para programar el

riego es esencial estimar el agua que consumen los cultivos (evapotranspiración) y la cantidad de agua que puede almacenar el suelo explorado por raíz del cultivo (Ortega y Farias, 1998).

La programación del riego es un procedimiento que permite establecer el momento oportuno del riego y cuánta agua aplicar a los cultivos. En el riego por goteo donde la aplicación del agua es en general diaria, el tensiómetro sirve para corroborar en forma cualitativa si la programación del riego realizada con la bandeja de evaporación es correcta. En este caso el tensiómetro debe marcar valores cercanos a capacidad de campo antes de aplicar el riego, es decir, entre 15 a 30 centibares. La instalación del tensiómetro debe ser en la zona del bulbo húmedo, cercano a la tubería porta goteros (Pizarro, 1996).

#### **5.9.5 Fertilización**

Esta actividad se debe hacer con cuidado, ya que si no se aplica bien el fertilizante, se puede quemar la plántula recién plantada en el suelo. La dosis varía de acuerdo al cultivo, se puede realizar una aplicación de fondo, y posteriormente complementar la dosis por medio del sistema de riego, si se utiliza un sistema presurizado. En caso de que la fertilización en camas de cultivo con substrato o medio de crecimiento sea de presiembra se recomienda que se aplique el producto en dosis fraccionadas y se riegue para que disuelva el producto de manera homogénea y no dañe a las plantas. Esta acción también se puede realizar vía sistema de riego en donde se parte la dosis de fertilización y se aplica de manera programada según el desarrollo del cultivo (Jurado y Nieto, 2003).

### **5.9.6 Cálculo de soluciones nutritivas.**

En la preparación de la solución nutritiva se deben de tomar tres aspectos (Martínez *et al.*, 1986), Solución nutritiva tipo, análisis del agua de riego y ajuste de pH.

#### **Solución nutritiva tipo.**

Conviene dejar claro desde un principio que no existe en la actualidad información suficiente para determinar soluciones nutritivas estandarizadas por especie, variedad, estado de desarrollo, condiciones climáticas o métodos de cultivo. Incluso es muy probable que nunca exista esa información tan precisa y minuciosa de producción.

Los límites de concentración en que un determinado elemento nutritivo puede encontrarse disponible para la planta en una solución nutritiva, son lo suficientemente amplios como para que sean otros factores de la producción, normalmente menos controlables, los que condicionan y limitan la capacidad productiva de un cultivo. Por ejemplo, un cultivo que se desarrolla en temperatura ambiental comprendida entre 15 y 25 °C responderá positivamente a una solución nutritiva tipo. Si la temperatura se sale de este rango, ninguna solución nutritiva tipo podrá suplir la deficiencia o exceso de temperatura y la capacidad productiva del cultivo descenderá respecto a la situación anterior. Este ejemplo es trasladable a cualquier otro factor de la producción (Martínez *et al.*, 1986).

### **Análisis de agua de riego.**

Toda el agua de riego tiene sales en disolución y cuando se van a utilizar en cultivo sin suelo es imprescindible conocer la composición cuantitativa y cualitativa de dichas sales. La información proporcionada por un análisis químico del agua de riego sirve para:

Cuantificar aquellos iones que entran a formar parte de la solución nutritiva y que por lo tanto, al llevarlos al agua de riego, permiten disminuir la cantidad que se ha de aportar. En ciertos casos algunos iones se encuentran en el agua de riego en cantidad superior a los necesarios, el  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  y  $\text{SO}_4=$  suelen ser iones comúnmente encontrados en mucha agua de riego (Jones, 1997).

Tomar decisiones respecto a iones que, no siendo necesarios para la solución nutritiva, se encuentran normalmente en el agua de riego. Estas sales, que suelen ser  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^{++}$  y algún microelemento, producen en general dos tipos de problemas. Por un lado pueden encontrarse en concentración que resulta fitotóxica para la planta y por lo tanto, será agua descartable para uso en hidroponía. El otro problema que acarrearán estas sales es que con su presencia contribuyen al aumento de la conductividad de la solución nutritiva. Este aumento puede ser beneficioso económicamente si no se sobrepasan ciertos límites por que permitirá elegir una solución nutritiva tipo de más de baja conductividad y por lo tanto más barata. En general, agua con conductividad superior a 2.5 mS/cm empiezan a crear algún tipo de problema (Jones, 1997). Conocer con exactitud el

contenido de carbonatos y bicarbonatos y de esta forma poder realizar los cálculos para la corrección de pH con precisión tal y como se muestra a continuación.

### **Ajuste de pH.**

El valor del pH de un medio informa, del carácter básico o ácido del mismo. La solubilidad de los iones está afectada por el pH de la solución. Incluso la concentración de determinada forma iónica se ve afectada por los valores de pH. Investigaciones y experiencias continuas han corroborado que las soluciones nutritivas han de ajustarse a pH comprendido entre valores de 5.5 y 6.5. Cuando se analiza el agua que se va a utilizar puede darse el caso, poco común, de que el pH de la misma tenga un valor inferior a 5.8. En este caso se debe de añadir sal alcalinizante, por ejemplo el fosforo diamónico o bicarbonato potásico, para ajustar el pH deseado (Millar, 1993).

El caso más generalizado es que en el agua para riego tenga pH superior a 5.8 y normalmente la presencia de iones bicarbonato, y algo menos de iones carbonato, son los responsables de ello. La forma de bajar el pH de esta agua de riego consiste en eliminar estos iones con la adición de algún ácido.

Los ácidos más utilizados en soluciones nutritivas para cultivos sin suelo son el ácido nítrico y ácido fosfórico. Tienen la ventaja estos ácidos de que además de servir para hacer el ajuste del pH, aportan elementos nutritivos necesarios para la planta. Pueden también ser utilizados el ácido sulfúrico y ácido clorhídrico.

### **5.9.7 Sanidad y prevención de plagas y enfermedades**

Se deberá realizar un programa de aplicación de productos agroquímicos, sobre todo de fungicidas y bactericidas para prevenir infecciones que acarrearían problemas de sanidad al cultivo. Se debe de tener especial cuidado en la presencia de insectos dañinos para evitar la presencia de plagas y en algunos casos de virus que pueden acabar en 48 horas con un cultivo. Para lo último es recomendable tener las ventanas del invernadero con malla mosquitera (Shaw *et al*, 2002).

### **5.9.8 Deshierbe**

Tiene la finalidad de mantener libre el perímetro del invernadero de maleza. Si se llegará a presentar dentro del invernadero, deberá eliminarse inmediatamente ya que en la mayoría de los casos sirve de hospedera para insectos dañinos que pueden ser transmisores de virus y enfermedades bacterianas. Estas actividades son esenciales ya que estas labores hay que ponerlas en práctica en el invernadero, por lo que hay que poner especial cuidado y realizarlas de manera adecuada, ya que de éstas depende en gran medida el éxito de la producción. ([http://www.sra.gob.mx/programas/fondo\\_tierras/manuales/Man\\_en\\_envernaderos.pdf](http://www.sra.gob.mx/programas/fondo_tierras/manuales/Man_en_envernaderos.pdf)).

## **VI MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera**

La Región Lagunera se localiza en la parte centro-norte de México. Se encuentra ubicada entre los meridianos 101°40' y 104°45' de longitud Oeste, y los paralelos 25°05' y 26°54' latitud Norte. La altitud de esta región es de 1139 msnm. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localiza el área agrícola, así como el área urbana. La temperatura promedio en los últimos 10 años es de una máxima de 28°C, y una mínima de 11.68°C y temperatura media de 19.98°C (CNA, 2002).

### **6.2 Ubicación del experimento**

La presente investigación se desarrolló en un invernadero de clima controlado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID RASPA ubicado en el Km 6.5 margen derecha del canal Sacramento, Gómez Palacio, Dgo, México.

### **6.3 Diseño experimental**

Se usó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones y arreglo de tratamientos en parcelas divididas. La parcela grande fue de 3.6 x 10 m y comprendió a las soluciones nutritivas; la parcela chica consistió de 3.6 x 3.3 m y en ellas se estableció el material genético.

#### **6.4 Factores de estudio**

Se evaluaron tres híbridos, cálix (rojo), PB 99205 (amarillo) y magno (naranja), y tres soluciones nutritivas que variaron en dos etapas fenológicas, de transplante a inicio de floración y de inicio de floración a la última cosecha. Estas soluciones se basaron en la cantidad total de miliequivalentes por litro (meq L<sup>-1</sup>) de aniones y cationes de los macronutrientes y en la proporción de cada uno de ellos, con respecto al total. En el Cuadro 10 se describe más a detalle estas soluciones.

**Cuadro 10.** Soluciones nutritivas probadas. CENID-RASPA INIFAP 2009.

Solución Nutritiva	Etapa vegetativa	Total de aniones y cationes (meq L <sup>-1</sup> )	Ion	Proporción	meq L <sup>-1</sup>
S1	Transplante a Inicio de Floración	12	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.70	8.40
			H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.10	1.20
			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.20	2.40
			K <sup>+</sup>	0.32	3.84
			Ca <sup>2+</sup>	0.48	5.76
			Mg <sup>2+</sup>	0.20	2.40
	I.de floración a ultima Cosecha	15	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.70	10.50
			H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.10	1.50
			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.20	3.00
			K <sup>+</sup>	0.32	4.80
			Ca <sup>2+</sup>	0.48	7.20
			Mg <sup>2+</sup>	0.20	3.00
S2	Trasplante a Inicio de Floración	15	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.70	10.5
			H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.10	1.50
			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.20	3.00
			K <sup>+</sup>	0.32	4.80
			Ca <sup>2+</sup>	0.48	7.20
			Mg <sup>2+</sup>	0.20	3.00
	I.de floración a última Cosecha	18	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.70	12.60
			H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.10	1.80
			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.20	3.60
			K <sup>+</sup>	0.32	5.76
			Ca <sup>2+</sup>	0.48	8.64
			Mg <sup>2+</sup>	0.20	3.60
S3	Transplante a Inicio de Floración	18	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.70	12.60
			H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.10	1.80
			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.20	3.60
			K <sup>+</sup>	0.32	5.76
			Ca <sup>2+</sup>	0.48	8.64
			Mg <sup>2+</sup>	0.20	3.60
	I.de floración a última Cosecha	21	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.70	14.7
			H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.10	2.10
			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.20	4.20
			K <sup>+</sup>	0.32	6.72
			Ca <sup>2+</sup>	0.48	10.08
			Mg <sup>2+</sup>	0.20	4.20

Las soluciones nutrimentales se prepararon con agua de pozo, cuya constitución química se presenta en el Cuadro 11. Las aportaciones de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  del agua fueron consideradas para calcular los requerimientos de fertilizantes aplicados. Se usaron como fuentes de macronutrientes los fertilizantes comerciales: monofosfato de potasio, nitrato de potasio, nitrato de magnesio y nitrato de calcio. El pH de las soluciones se mantuvo en el rango de 6 a 6.5 mediante la aplicación de ácido fosfórico y la conductividad eléctrica debajo de  $3.0 \text{ dS m}^{-1}$ .

**Cuadro 11.** Análisis químico del agua de riego. CENID-RASPA INIFAP 2009.

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
<b>Ph</b>	8.20
<b>CE (<math>\text{dS m}^{-1}</math>)</b>	0.49
<b><math>\text{Ca}^{++}</math> (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>	21.84
<b><math>\text{Mg}^{++}</math> (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>	1.09
<b><math>\text{Na}^+</math> (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>	78.43
<b><math>\text{K}^+</math> (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>	0.39
<b><math>\text{CO}_3^{-}</math> (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>	12.5
<b><math>\text{HCO}_3^{-}</math> (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>	140.9
<b><math>\text{Cl}^{-}</math> (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>	22.01
<b>N-Nitratos (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>	0.17
<b>RAS Ajustado</b>	6.39
<b>Clasificación</b>	C2-S1

## 6.5 Manejo del cultivo

### 6.5.1 Siembra y transplante

La siembra se hizo en charolas de poliestireno con 200 cavidades llenas con turba (peat moss) como sustrato en febrero del 2007 (Figura 1). Las charolas se desinfectaron previamente con una solución clorada al 10% de concentración por un tiempo de 30 minutos y después se enjuagaron con agua limpia. Las plántulas se regaron con agua de la red de agua potable hasta la aparición de hojas verdaderas, después con una solución nutritiva conteniendo 60-70-60 mg L<sup>-1</sup> de N, P y K, respectivamente.



**FIG. 1.** Siembra en charolas de poliestireno de 200 cavidades.

Cuando las plántulas tuvieron una altura de 15 cm y de cinco a seis hojas se llevó a cabo el transplante en canaletas de cemento de 3.8 x 10.0 m llenas con un sustrato de 30 cm de suelo arenoso. Cada canaleta tenía un sistema de drenaje hacia fuera del invernadero donde se colectaban muestras para medir el pH y conductividad eléctrica (CE). La distancia entre hileras de plantas fue de 1.20 m y la distancia entre plantas de 30 cm.

### **6.5.2 Poda**

Se hicieron al tallo principal, dejando dos tallos por planta y a los interiores para favorecer el desarrollo de los dos tallos seleccionados en la poda de formación.

### **6.5.3 Entutorado**

Se hizo en los dos tallos principales, usando hilos de rafia, los cuales se amarraron en la parte alta de la estructura del invernadero, también se usaron arillos de plástico para ajustar el tallo con la rafia.

### **6.5.4 Deshojado**

Consistió en quitar hojas senescentes y enfermas con el fin de lograr una mejor ventilación y evitar la propagación de enfermedades.

### **6.5.5 Aplicación de pesticidas**

Se hicieron cinco aplicaciones de velsul 725, 2.5 a 3.0 ml L<sup>-1</sup> de agua para el control de la cenicilla, dos aplicaciones de abamectina, 0.6 ml L<sup>-1</sup> de agua para el control de araña roja y tres aplicaciones de cipermetrina y permetrina, 1.3 a 1.5 ml L<sup>-1</sup> de agua, para el control de gusano soldado. También se colocaron trampas de color amarillo y azul para el control de mosquita blanca y trips.

### **6.5.6 Riego**

Se instaló un sistema de riego por goteo, con dos hileras de cintilla, a cada lado de la planta y enterrada a 10 cm para la aplicación de agua y nutrientes

(Figura 2). La cantidad de agua y tiempo de riego se determinaron mediante la medición del contenido de agua del suelo a través de sensores de humedad, permitiendo un nivel de abatimiento máximo de 17 cbs (Figura 3). Se aplicaron de tres a seis riegos durante el día y las láminas de riego variaron de 1 mm a 4 mm, esto conforme a la edad del cultivo y condiciones climatológicas.



**FIG. 2.** Sistema de riego por goteo, con dos hileras de cintilla.



**FIG. 3.** Sensores de humedad.

### **6.5.7 Cosecha**

La cosecha se realizó cuando el fruto mostraba la mitad de la coloración característica a cada cultivar, se hicieron catorce cosechas comprendidas durante el período del seis de julio al 30 de noviembre de 2007.

## **6.6 Variables de respuesta**

Las variantes evaluadas fueron rendimiento total de fruto, peso, largo y ancho del fruto, grosor de la pared del fruto, concentración de N, P, K, Ca y Mg en la hoja y fruto en la mitad de la etapa reproductiva (séptima cosecha) y productividad del agua. El peso, largo y ancho de fruto, grosor de la pared del fruto obteniendo el promedio de cinco frutos por tratamiento y repetición medidos en siete cosechas alternas a lo largo del ciclo productivo. El agua aplicada durante el desarrollo del cultivo fue de 750 mm, con este dato y rendimiento se estimó la productividad del agua en  $\text{kg m}^{-3}$ .

## VII RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Rendimiento total de fruto.

El efecto de la solución nutritiva y material genético sobre el rendimiento total del fruto resultó altamente significativo pero la interacción de ambos factores no fue significativa.

El rendimiento total de fruto se incrementó un 33% al cambiar la concentración de la solución nutritiva de S1 a S2, pero disminuyó en 6% al aplicar la solución S3. No se encontró diferencia estadística entre las soluciones S2 y S3 (Cuadro 12). Los tres híbridos fueron estadísticamente diferentes entre ellos, siendo el PB 99205 (amarillo) quien mostró el rendimiento de fruto más alto con un 24 y 36% más que el producido por Magno (naranja) y Cáliz (rojo), respectivamente (Cuadro 13). Esos rendimientos fueron comparables con los reportados por Shaw *et al*, 2002 quienes señalan un rango de 7.2 hasta 10.7 kg m<sup>-2</sup> y de 6.9 a 9.6 kg m<sup>-2</sup> para pimientos amarillos y naranjas en invernadero, respectivamente.

**Cuadro 12.** Rendimiento de fruto en cada solución nutritiva y material genético evaluado. CENID-RASPA INIFAP, 2009.

<b>Tratamiento</b>	<b>Media (kg m<sup>-2</sup>) †</b>
<b>S1</b>	6.33 c
<b>S2</b>	8.42 a
<b>S3</b>	7.98 a
<b>Cáliz (rojo)</b>	6.55 c
<b>PB 99205 (amarillo)</b>	8.90 a
<b>Magno (naranja)</b>	7.17 b

† Medias seguidas con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Duncan,  $\alpha = 0.05$ ).

## **7.2 Componentes de rendimiento**

El peso de fruto, largo y ancho fueron afectados significativamente tanto por la concentración de la solución como por el material genético, la interacción de ambos factores no fue significativa para ningún componente del rendimiento.

La solución nutrimental menos concentrada produjo frutos de menor peso y largo, en cambio la de concentración media y alta mostraron los frutos más pesados y largos, estas dos últimas soluciones ni fueron estadísticamente iguales (Cuadro 13).

La solución nutricional intermedia promovió los frutos más anchos que las otras dos soluciones, las cuales fueron estadísticamente similares entre ellas. Las soluciones S2 y S3 mostraron frutos con un peso superior a los 200 g, que de acuerdo con Mullen *et al.*, 2003, se clasifican con calidad extra grande (200-240), en cambio los frutos de la S1 tuvieron una calidad de grande 170-200 g, (Mullen *et al.*, 2003).

Los materiales genéticos mostraron diferencia estadística entre ellos (Cuadro 13). El pimiento amarillo presentó los frutos más pesados y largos con calidad jumbo > 240 g de acuerdo a la clasificación de Mullen *et al.*, 2003 y Jovicich *et al.*, 2004, el pimiento naranja frutos con peso y tamaño intermedio y calidad extra grande (200-240 g) y pimiento rojo con frutos de menor peso y tamaño con calidad grande 170-200 g acorde con la clasificación de Mullen *et al.*, 2003 y Jovicich *et al.*, 2004.

**Cuadro 13.** Componentes del rendimiento de fruto en cada solución nutritiva y material genético evaluado.

<b>Tratamiento</b>	<b>Peso del fruto (g)<sup>†</sup></b>	<b>Largo de fruto (cm) <sup>†</sup></b>	<b>Ancho de fruto (cm)<sup>†</sup></b>
<b>S1</b>	195 b	8.6 b	8.4 b
<b>S2</b>	220 a	9.5 a	9.0 a
<b>S3</b>	214 ab	9.1 a	8.6 b
<b>Cáliz (rojo)</b>	192 c	8.4 c	8.1 b
<b>PB 99205 (amarillo)</b>	254 a	9.6 a	9.1 a
<b>Magno (naranja)</b>	227 b	9.1 b	8.8 a

<sup>†</sup> Medias seguidas con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Duncan,  $\alpha = 0.05$ ).

### **7.3 Grosor de la pared de fruto**

El grosor de la pared del fruto fue estadísticamente afectado por el material genético pero no por la solución nutrimental ni por la interacción de ambos factores. Los pimientos amarillo y naranja tuvieron un fruto con un grosor de pared similar entre ellos (8.3 y 8.0 mm, respectivamente) pero fueron más gruesos que los frutos del pimiento rojo (7.6 mm). Estos resultados fueron muy superiores a los reportados por (Mullen *et al*, 2003) quienes reportan grosor de pared de una gran variedad de pimientos entre 5.5 y 6.6 mm.

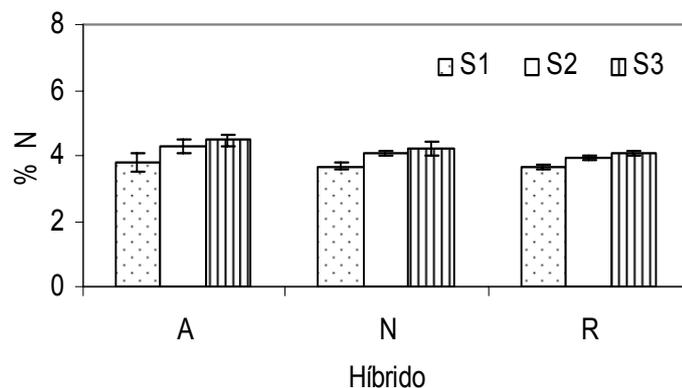
**Cuadro 14.** Grosor de la pared de fruto en cada material genético evaluado.

<b>Tratamiento</b>	<b>Grosor de la pared (mm)</b>
<b>Cáliz (rojo)</b>	7.6 c
<b>PB 99205 (amarillo)</b>	8.3 a
<b>Magno (naranja)</b>	8.0 ab

#### **7.4 Nutrientes en hoja**

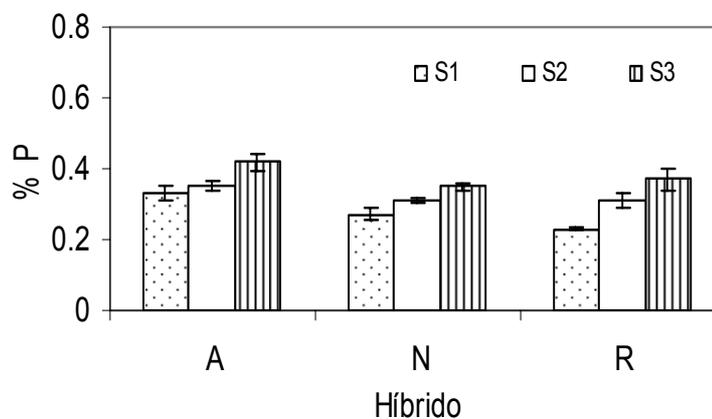
El efecto de la solución nutrimental y material genético sobre la concentración de N, P y K en la hoja fueron significativos así como la interacción de ambos para la concentración de P y Mg. La concentración de calcio no resultó afectada por los factores estudiados ni su interacción.

La concentración de N y P en la hoja se incrementó con la concentración de la solución nutrimental en cada material genético evaluado (Figura 4). En el caso de N se observó una mayor diferencia entre las soluciones S1 y S3 y entre el pimiento amarillo y rojo; en todos los tratamientos se tuvieron valores de mayor o igual a 4% de N, durante el desarrollo del cultivo no se observaron deficiencias de este nutriente en las plantas.



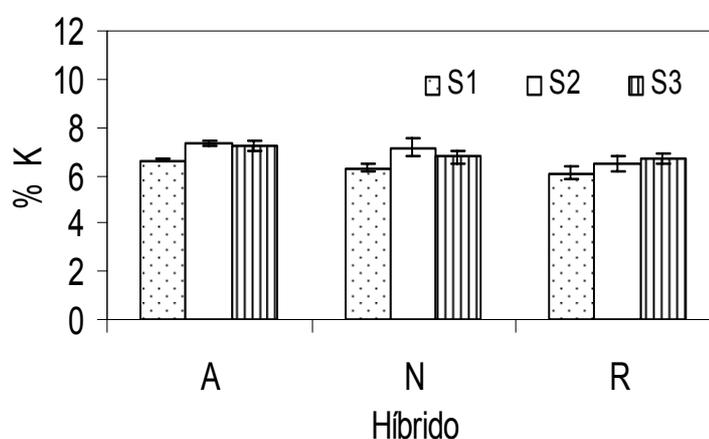
**FIG. 4.** Concentración de N en la hoja de chile pimiento a los 120 días después del transplante. CENID-RASPA INIFAP, 2009.

La diferencia en la concentración de P en la hoja entre las soluciones nutritivas fueron muy marcadas, con la mayor concentración en la S3 para cada material genético estudiado. El pimiento amarillo mostró mayor P en sus hojas que el pimiento naranja y rojo en cada una de las soluciones estudiadas, iniciando con esto una mayor capacidad de absorción de este material genético (Figura 5).



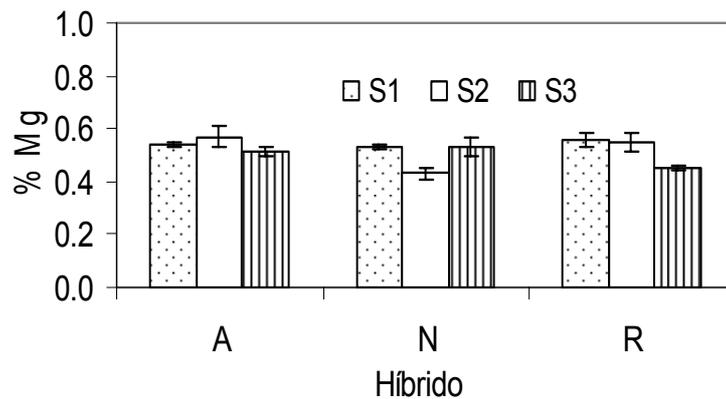
**FIG. 5.** Concentración de P en la hoja de chile pimiento a los 120 días después del trasplante. CENID-RASPA INIFAP, 2009.

El potasio en la hoja respondió de manera positiva al incremento en la concentración de la solución nutrimental de S1 a S2 pero no a un incremento mayor (S3) en los tres híbridos estudiados (Figura 6). Las mayores diferencias del potasio en la hoja entre híbridos se observaron entre el pimiento amarillo y rojo.



**FIG. 6.** Concentración de K en la hoja de chile pimiento a los 120 días después del trasplante. CENID-RASPA INIFAP, 2009.

La respuesta del magnesio en la hoja a cada solución nutrimental estudiada fue diferente entre cada material genético. En el pimiento amarillo la S2 causó la mayor concentración de magnesio, en el pimiento naranja esta solución mostró la menor y en el pimiento rojo la S2 y S1 produjeron concentraciones de magnesio comparables y superiores que la S3 (Figura 7).

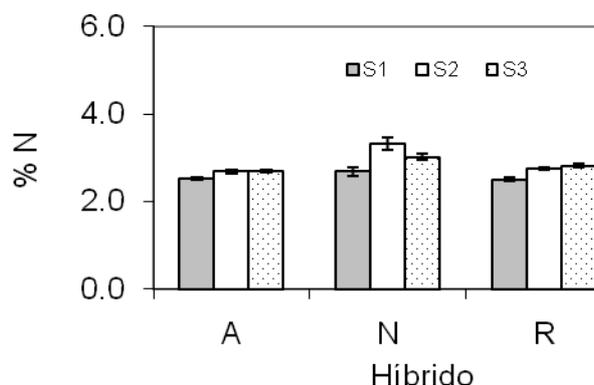


**FIG. 7.** Concentración de Mg en la hoja de chile pimiento a los 120 días después del transplante. CENID-RASPA INIFAP, 2009.

### 7.5 Nutrición en fruto

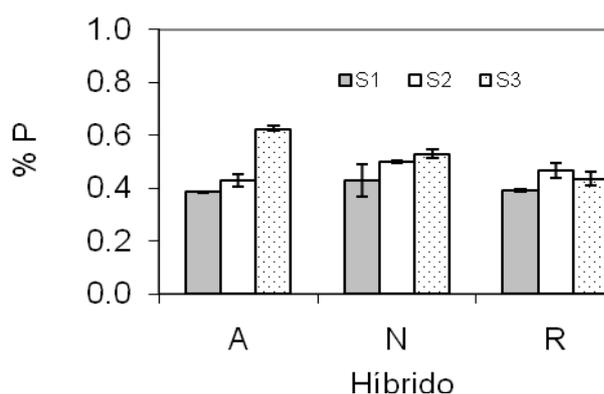
El análisis de varianza para la concentración de nutrimentos en el fruto indica que la concentración de N fue afectada significativamente por la solución nutrimental y el material genético, la concentración de P, K y Ca por la solución nutrimental y la interacción de los dos factores estudiados y concentración de Mg solamente por la solución nutrimental.

Las soluciones S2 y S3 causaron una mayor concentración de N en el fruto que la S1; en tanto que el híbrido naranja tuvo también el mayor contenido de N (Figura 8).



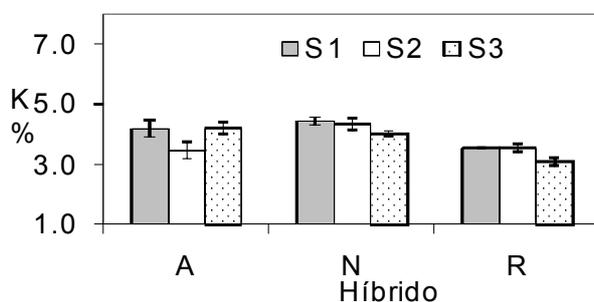
**FIG. 8.** Concentración de N en el fruto de chile pimiento a los 120 días después del transplante. CENID-RASPA INIFAP, 2009.

En cuanto a la concentración de P, cada híbrido respondió de manera diferente a la solución nutrimental, el pimiento amarillo tuvo una respuesta positiva al incremento en la concentración de nutrientes en la solución, el pimiento naranja no mostró respuesta a las soluciones y el pimiento rojo solo al cambiar la solución S1 a la S2 (Figura 9).



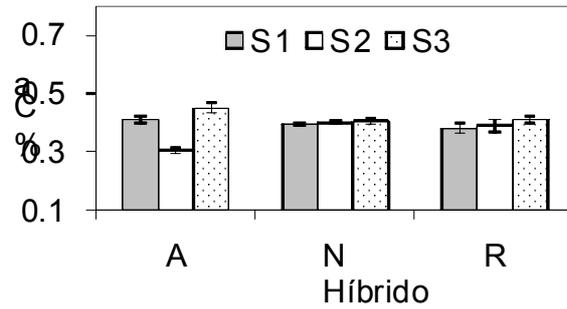
**FIG. 9.** Concentración de P en el fruto de chile pimiento a los 120 días después del transplante. CENID-RASPA INIFAP, 2009.

La concentración de K en el fruto difirió en cada material genético con la solución nutrimental, en el pimiento amarillo la S2 causó la menor concentración de K, mientras que la S1 y S2 mostraron valores similares y superiores. Los pimientos naranja y rojo tuvieron una respuesta negativa al incremento de la concentración de la solución, mostrando el pimiento rojo la menor concentración de K (Figura 10).

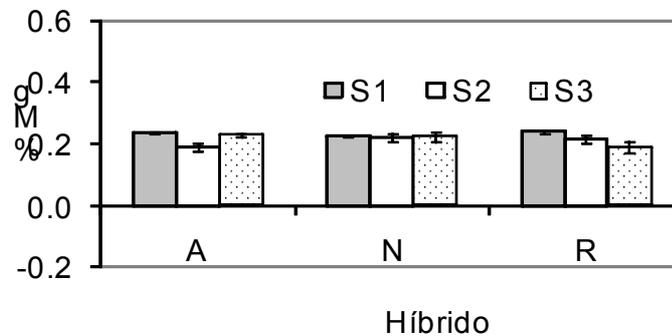


**FIG. 10.** Concentración de K en el fruto de chile pimiento a los 120 días después del trasplante. CENID-RASPA INIFAP, 2009.

El pimiento amarillo redujo la concentración de Ca y Mg en el fruto cuando la solución nutrimental cambió de S1 a S2 pero nuevamente incrementó con la S3. El pimiento naranja no mostró respuesta a la concentración de Ca y Mg ni al cambio de la solución nutrimental. El pimiento rojo respondió de manera positiva y negativa al incremento de la concentración de la solución nutrimental para la concentración de Ca y Mg, respectivamente (Figura 11 y 12).



**FIG. 11.** Concentración de Ca en el fruto de chile pimiento a los 120 días después del transplante. CENID-RASPA INIFAP, 2009.



**FIG. 12.** Concentración de Mg en el fruto de chile pimiento a los 120 días después del transplante. CENID-RASPA INIFAP, 2009.

## 7.6 Eficiencia en uso de agua

El efecto de la solución nutrimental y material genético sobre la eficiencia uso de agua fueron altamente significativos. La interacción de los dos factores no fue significativa. El pimiento amarillo fue más eficiente en usar el agua que los pimientos naranja y rojo en cada solución nutrimental evaluada (Cuadro 15). La S2 y S3 mostraron eficiencia de uso de agua similar y superiores a la de S1.

**Cuadro 15.** Efecto de la solución nutrimental sobre la eficiencia en uso de agua.

<b>Tratamiento</b>	<b>Eficiencia en uso de agua</b>
<b>S1</b>	6.326 c
<b>S2</b>	8.421 a
<b>S3</b>	7.875 ab

## VIII CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó el presente estudio se concluye que:

El material genético y la solución nutrimental afecto el rendimiento total de fruto, componentes de rendimiento, concentración de nutrientes en hoja, fruto y eficiencia en uso de agua.

El pimiento amarillo (PB 99205) presentó el mejor rendimiento de fruto, fruto más grandes y de mayor peso.

El rendimiento, componentes y eficiencia en uso de agua respondieron positivamente al incremento de la concentración de la solución nutrimental de S1 y S2.

La concentración de macronutrientes en hoja y fruto fue afectada por la concentración de nutrientes en la solución.

El N, K y Mg se concentraron en mayor cantidad en hojas que en fruto, y el P en fruto.

La productividad del agua en cada solución evaluada fue mayor en el cultivo de chile amarillo.

## IX BIBLIOGRAFIA

- Alam, S. M. 1994. Nutrient uptake by plants under stress condition. p 227-243. *In* M. Pessarakli (ed.) Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Anstett, A.; Lemaire, F.; Bats, J. 1965. Les exportations des espèces légumierés en maraichage de pleine terre, Bull. Tech. Inform. 200: 450-467.
- Brücher, H. 1989. Useful plants of neotropical origin and their wild relatives. Springer-Verlag, Berlín.
- Cadahía, C. 1988. Fertilización en riego por goteo de cultivos hortícolas. ERT Fertilizantes, Madrid.
- Casseres, E. 1981. Producción de Hortalizas. 3 ed. 1ª. Reimpresión, IICA, San José Costa Rica. pp 107 – 117.
- Cronshaw, J. 1981. Phloem structure and function. Annual Review of plant Physiology 32: 465-484.
- Denisen, EL 1991. Fundamentos de horticultura México. Ed. Limusa S.A. de C.V. 604p.
- Dirección General de Economía Agropecuaria (DGEA). 2000. Planeación de Cultivos Hortícolas, basada en la estacionalidad de precios, proyecto CENTA-FAO. p 11.

Doorenbos, J. y Pruitt, W.O. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje, Roma, 24, pp. 194.

Esau, K. 1972. Anatomía vegetal. 2a, edición. Ediciones Omega, Barcelona.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). 2006.

Fahn, A. 1985. Plant anatomy. Third edition. Pergamon Press, Oxford.

Font Quer, P. 1990. Plantas medicinales. 12<sup>a</sup> edic. Ed. Labor. Barcelona.

Graifenberg, A.; Petsas, S.; Lenzi, I. 1985. Crescita e asportazione degli elementi nutritive peperone allevato in serra fredda. Colture Protette 12: 33-38.

Grubben G.J.H. 1977. Tropical Vegetables and Their Genetic Resources. IBPGR. Rome.

Hedge, D. M. 1997. Nutrient requirements of solanaceous vegetable crops. Extension bulletin 441. Food fertilizer technology center. Asian and Pacific Council.

Heiser, C, B., Jr. 1970. Peppers – Capsicum (Solanaceae). In: Simmonds, N.W. (Ed.). Evolution of Crop Plants. Longman. London: 265-268.

<http://www.centa.gob.sv/documentos/guias/chile.pdf>

<http://www.cidh.org.mx/monografias/pimiento.html>

[http://www.puc.cl/sw\\_educ/hortalizas/html/aji/organo\\_consumo\\_aji.html](http://www.puc.cl/sw_educ/hortalizas/html/aji/organo_consumo_aji.html)

[http://www.sra.gob.mx/programas/fondo\\_tierras/manuales/Man\\_en\\_\\_\\_invernaderos.pdf](http://www.sra.gob.mx/programas/fondo_tierras/manuales/Man_en___invernaderos.pdf)

<http://www.verduras.consumer.es/documentos/hortalizas/pimiento/imprimir.php>

International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) 1983. Genetic Resources of Capsicum. IBPGR secretariat, Rome.

Jensen M. H. y A. J. Malter. 1995. Protected agriculture a global review. World Bank Technical Paper Number 253. Washington, D. C. USA.

Jones, J. B. Jr. 1997. Hydroponics: A practical guide for the soil less grower. St Lucie Press. Boca Raton, F.L. USA. 229 p.

Jovicich E, D. J. Cantliffe, S. A. Sargent and L. S. Osborne. 2004. Production of greenhouse-grown peppers in Florida. Bulletin HS979. University of Florida. Institute of food and Agricultural Sciences Extension. Gainesville, FI 32611. USA. 11 p.

Jurado R. A. y M. A. Nieto Quesada. 2003. El cultivo de pimiento bajo invernadero. Pp. 540 568. J. Camacho F. Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos. Instituto Cajamar. Ediciones Agrotécnicas, S. L. Madrid, España.

Kato, T.; Tanaka, M. 1971. Studies on the fruit setting and development of sweet peppers. I. Fruiting behavior. J. Jap. Soc. Hortic. Sci. 40: 359-366.

Locascio, S., Fiskell, J.; Graetz, D.; Hauck, R. 1985. Nitrogen accumulation by pepper as influenced by mulch and time of fertilizer application. J. Amer. Hort.Sci. 110 (3): 325-328.

- Macías R. H., E. Romero Fierro y J. Martínez Saldaña. 2003. Invernaderos de Plástico. p131-163. En Agricultura Protegida. Sánchez Cohen I. INIFAP CENID RASPA. Gómez Palacio, Dgo.
- Martinez, C.; Martinez S.; Gimenez. A. 1986. Influencia del sistema de riego y fertilización sobre parámetros de control nutricional y producción de pimiento cultivado en invernadero. ITEA, Vol. Extra n° 6. 144-149.
- Martínez, P.; Rodríguez, A. 1989. Extracciones de macronutrientes de macronutrientes principales que realiza el cultivo del pimiento en las condiciones de cultivo de los regadíos de Badajoz: En: "Consejería de Agricultura, Industria y Comercio (ed.). Fertilización de cultivos en Extremadura. Badajoz": 143-152.
- Mauseth, J.D. 1988. Plant Anatomy. The Benjamin/Cumminngs Publishers, Menlo Park.
- Millar, A. 1993. Manejo de Agua y Producción Agrícola. IICA y Universidad de Concepción. 556.
- Miller, H.; Mc. Collum, R.; Claimon, S. 1979. Relationships between growth of bell peppers (*Capsicum annuum* L.) and nutrient accumulation during ontogeny in field environments. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104 (6): 852-857.
- Molina F.J. 2004. Situación actual y perspectivas de la industria de invernaderos en México. En: Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. UAAAN. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Torreón, Coahuila. Octubre 13, 14 y 15 del 2004.

- Mullen B., Whiteley S., Colbert D., and Prichard N. 2003. Bell pepper variety evaluation trials in San Joaquin County. University of California Cooperative Extension. Stockton, California 95205. USA.
- Muñoz-Ramos J. J. 2003. El cultivo de pimiento en invernadero. p 263-297. En J. J. Muñoz-Ramos y J. Z. Castellanos (Eds). Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. México.
- Nuez V. F., R. Gil O. y J. Costa G. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. 607 p.
- Novák, F.; Betlach, J. 1970. Development and karyology of the tapetal layer of anthers in sweet pepper (*Capsicum annum L.*). Biología Plantarum 12 (4): 275-280.
- Ortega.; Farias, S. 1998. Demanda Hídrica y Programación del riego. Recursos Hídricos "Una visión moderna y sustentable", editado por Varas, E. INIA-Quilamapu: 10-22.
- Pizarro, F. 1996. Riego Localizado de Alta Frecuencia. Mundi-Prensa, España. 513p.
- Pozo, O.; Montes, S.; Redondo, E. 1991. (*Capsicum spp.*). En: <<Ortega, R.; Palomino, G.; Castillo, F.; González, V.; Linera, M. (Eds.). Avances en el estudio de los Recursos Fitogenéticos de México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo>> 217-238.

- Quezada, M. 1989, Producción en invernadero, II Curso nacional de plásticos en la agricultura, Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo Coahuila, México.
- Robledo de P. F y V. L. Martín. 1988. Aplicación de los plásticos en la agricultura. 2ª Edición Mundi-Prensa. Madrid, España. 624p.
- Rincón, L. 1993. Equipamiento de la fertirrigación. Hortofruticultura 9:35-42.
- Rincón, L.; Saez, J.; Balsalobre, E.; Pellicer, M.C. 1993. Nutrición del pimiento grueso de invernadero. Hortofruticultura 5: 37-41.
- Rodríguez, A.; Martínez, P.; Jarillo, J.; Guzmán, J. 1989.Extracciones de macronutrientes principales que realiza el cultivo el pimiento de pimentón en las condiciones del cultivo de los regadíos de Cáceres. En: "Consejería de Agricultura, Industria y Comercio (ed.). Fertilización de cultivos en Extremadura. Badajoz": 121-142.
- Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2006.
- Shaw N. L. and D. J. Cantliffe. 2002. Brightly colored pepper cultivars for greenhouse production in Florida. Proc. Fla. State Hort. Soc. 120:1-11.
- Shultes, R.E.; Raffauf, R.F 1991. De Platis Toxicariis e Mundo Novo Tropicale Commentationes XXXVI: Phytochemical and ethnopharmacological notes on the Solanaceae of the Northwest Amazon. In: Hawkes, J.G.; Lester,

R.N.; Nee, M.; Estrada, N. (Eds.). Solanaceae III. Taxonomy, chemistry and evolution. Royal Botanic Gardens, Kew: 25-50.

Somos, A. 1984. The paprika. Akadémiai Kiadó. Budapest. 500 p.

Urrutia, A. 2002. Perspectivas de la Industria de Invernaderos en México. Memoria del Congreso de la Asociación Nacional de Productores de Hortalizas en Invernadero. Guadalajara, Jal. p 145-151.

Vilmorín Díaz, F. de 1977. El cultivo del pimiento dulce (tipo Bell). Editorial Diana, México.