

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA



DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**EVALUACIÓN DE LA PRESIÓN OSMÓTICA EN LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL
EJOTERO HIDROPÓNICO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.**

Por:

ENRIQUE CHAVEZ SANCHEZ

TESIS:

Presentada como requisito parcial

para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila, México.

Junio de 2012

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**EVALUACIÓN DE LA PRESIÓN OSMÓTICA EN LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL
EJOTERO HIDROPÓNICO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.**

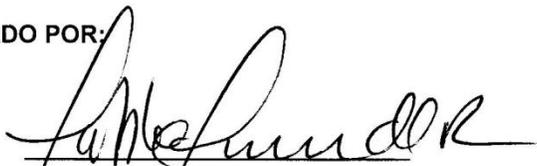
Presentada por: Enrique Chávez Sánchez.

**TESIS QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. CUERPO DE ASESORES,
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA.

APROBADO POR:

ASESOR PRINCIPAL:



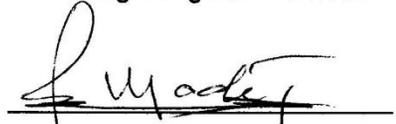
Dr. Pablo Preciado Rangel.

ASESOR.



Ph. D. Angel Lagarda Murrieta.

ASESOR.



Ph. D. Eduardo Madero Tamargo.

ASESOR.



Dr. Esteban Favela Chávez.



Dr. FRANCISCO J. SÁNCHEZ RAMOS.

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas**

TORREÓN, COAHUILA. MÉXICO

JUNIO DE 2012.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS PRESENTADA POR EL C. ENRIQUE CHÁVEZ SÁNCHEZ QUE SE
SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA.

APROBADA POR:

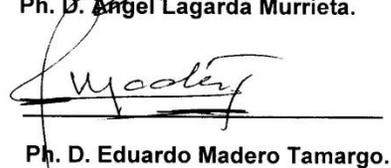
PRESIDENTE:


Dr. Pablo Preciado Rangel.

VOCAL.

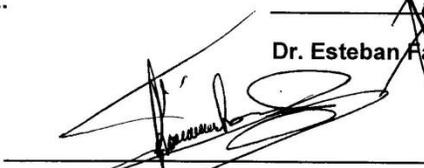

Ph. D. Ángel Lagarda Murrieta.

VOCAL.


Ph. D. Eduardo Madero Tamargo.

VOCAL SUPLENTE.


Dr. Esteban Favela Chávez.


Dr. FRANCISCO J. SÁNCHEZ RAMOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA. MÉXICO

JUNIO DE 2012.



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

AGRADECIMIENTOS

Infinitamente al **DR. PABLO PRECIADO RANGEL** por ser el asesor principal de este proyecto, por impartir la materia de hidroponía transmitiendo el conocimiento teórico – práctico ya que a través de ello los conocimientos adquiridos me sirvieron para sacar adelante este trabajo, por el tiempo dedicado desde el principio hasta la culminación de este proyecto.

Al **DR. ANGEL LAGARDA MURRIETA** por brindarme su apoyo y su tiempo para la revisión de este trabajo y por formar parte de mi formación profesional, por todas las clases impartidas por todos esos mensajes de motivación durante mi estancia en esta universidad.

Al **DR. EDUARDO MADERO TAMARGO** mas que un maestro un amigo por ser un ejemplo a seguir, gracias por dedicar su tiempo a este proyecto y como también por los conocimientos que adquirí por él en mi formación como profesionista.

Al **DR. ESTEBAN FAVELA CHÁVEZ** por ayudarme para que esta investigación sea posible, gracias por las observaciones, por su tiempo y dedicación a este trabajo.

A todo el cuerpo de trabajo del **DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA** que por su noble labor hacen posible la formación de cada uno de sus estudiantes.

A mi **ALMA TERRA MATER** por tanto apoyo durante toda mi estancia para formarme como profesional en esta universidad.

DEDICATORIAS

Le doy gracias a **Dios** por darme buena salud, por darme la fuerza para seguir adelante y avanzar cada día, por iluminar mi mente y mi corazón, por cuidar de mi familia, por ayudarme incondicionalmente, cuando estaba en malas manos siempre cuidó de mi y me sostuvo entre sus brazos, le doy gracias por permitirme estar vivo y disfrutar de este triunfo tan grande, de terminar una etapa mas de mi vida como estudiante, sabiendo que nunca dejamos de aprender y por darme una familia tan generosa y humilde.

A mis **PADRES** al señor **Enrique Álvaro Chávez** y la **Sra. Felicitas Sánchez Chávez** por darme esta vida tan hermosa, por ayudar a levantarme cuando estaba decaído, por apoyarme siempre de una forma incondicional, por las palabras de aliento, fueron tantas cosas por las que pasaron durante mi formación, más sin embargo demostraron ser fuertes y de ahí el ejemplo a seguir, de luchar y luchar hasta conseguir lo anhelado.

A todos mis **HERMANOS** de manera especial a **Mayórico Chávez** por su generosidad durante toda mi carrera, por tantos consejos y a mis demás hermanos: **Calixto, Eudoxia, Eutiquio, Aristarco, y Martha**, a mí cuñada **Josefina**, y mi abuela **Matilde** que siempre me apoyaron animándome con sus palabras, gracias por todo el apoyo que me brindaron.

A mis **SOBRINOS** les dedico este triunfo, sabiendo que seguirán el ejemplo para superarse cada día, gracias por el cariño que me han manifestado y demostrado siempre.

INDICE DE CONTENIDO

Contenido	pág.
AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS.....	II
ÍNDICE.....	III
ÍNDICE DE	
CUADROS.....	VII
FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 El origen del frijol.....	4
2.2 Importancia del frijol.....	4
2.3 Descripción botánica.....	6
2.3.1 Raíz.....	6
2.3.2 Tallo.....	7
2.3.3 Hoja.....	7
2.3.4 Flor.....	8
2.3.5 Fruto.....	8

2.3.6 Semillas.....	8
2.4 Fenología del frijol.....	9
2.4.1 Fase vegetativa.....	9
2.4.2 Fase reproductiva.....	9
2.5 Solución nutritiva.....	9
2.5.1 El Ph de la solución nutritiva.....	10
2.5.2 presión osmótica.....	11
2.5.3 relación mutua entre aniones y cationes.....	12
2.5.4 Solución nutritiva de Steiner.....	13
2.5.5 calidad del agua para la solución nutritiva.....	14
2.6 Presión osmótica en estudios de nutrición vegetal.....	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1 Localización geográfica de la comarca lagunera.....	19
3.2 Localización del experimento	19
3.3 Diseño experimental.....	20
3.4 Análisis del agua.....	20
3.5 Manejo del cultivo.....	21
3.5.1 Germinación de semillas.....	22
3.5.2 Trasplante.....	22
3.5.3 Preparación de soluciones nutritivas.....	22
3.5.4 Riegos y fertilización.....	23

3.5.5 Aplicación de micronutrientes.....	23
3.5.6 Plagas y enfermedades.....	23
3.5.7 Cosecha.....	23
3.6 Variables evaluadas.....	24
3.6.1 Altura de las plantas.....	24
3.6.2 Número de hojas.....	24
3.6.3 Número de vainas.....	24
3.6.4 Peso de la vaina.....	24
3.6.5 Longitud de la vaina.....	24
3.6.6 Medición indirecta de clorofila con el SPAD-502.....	25
3.6.7 Peso de la materia seca total.....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	26
4.1 Variables evaluadas.....	26
4.2 Altura.....	27
4.3 Número de hoja.....	28
4.4 Numero de vainas.....	29
4.5 Peso de vainas.....	30
4.6 Longitud de vaina.....	31
4.7 Semillas de semillas.....	32
4.8 Rendimiento total.....	33
4.9 Peso seco de la planta.....	34
4.10 Unidad SPAD.....	35

V. CONCLUSIONES.....	36
VI. LITERATURA CITADA.....	41

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Tratamientos de estudio.....	20
CUADRO 2. Análisis de agua utilizado en el experimento.....	21
CUADRO 3. Fertilizantes utilizados en la preparación de soluciones nutritivas para tratamientos de estudio.....	22
CUADRO 4. Valores medios de las variables evaluadas en frijol ejotero.....	26

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Altura de las plantas.....	30
FIGURA 2. Número de hojas.....	31
FIGURA 3. Vainas por tratamiento.....	32
FIGURA 4. Longitud de vainas.....	33
FIGURA 5. Semillas por vaina.....	34
FIGURA 6. Peso de vainas.....	35
FIGURA 7. Rendimiento.....	36
FIGURA 8. Peso seco total.....	37
FIGURA 9. Medición indirecta de clorofila.....	38

RESUMEN

Los objetivos de la presente investigación fueron evaluar diferentes presiones osmóticas de la solución nutritiva, con la finalidad de lograr la máxima productividad del cultivo de frijol ejotero desarrollado en un sistema hidropónico, ya que la salinidad es el factor de la producción que puede limitar la productividad de esta hortaliza a la que es muy sensible.

Los tratamientos consistieron en tres presiones osmóticas (0.72, 1.08 y 1.44 atm) de la solución nutritiva, con los cuales se regaba al cultivo de frijol ejotero, los riegos se realizaron diariamente en dos ocasiones por la mañana y en la tarde, cada riego con 300 ml. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, número de hojas, número de flores, número de vainas, peso de la vaina, número de semillas por vaina, rendimiento total, peso seco total y la medición indirecta de la clorofila.

Los tratamientos de estudio del rango total 0.72 atm a 1.44 atm en la fase vegetativa, no presentaron diferencias significativas en las variables de; altura, número de hojas, número de vainas, peso de vainas, peso seco y clorofila.

En la fase reproductiva, para los parámetros de longitud de vaina, número de semillas y rendimiento total, demostraron ser iguales en el rango de 0.72 a 1.08 atm. Y para el tratamiento de estudio de la presión osmótica de 1.44 atm afectó negativamente en las variables de longitud de vainas, rendimiento total y número de semillas.

Palabras clave: *Solución nutritiva, presión osmótica, Phaseolus vulgaris, Steiner.*

I.- INTRODUCCIÓN.

La necesidad de incrementar la producción de alimentos de origen vegetal, la restricción de tierras aptas para la producción agrícola, la escasez de agua o la mala calidad ésta para su utilización en la agricultura, fueron algunas de las causas que estimularon la búsqueda de alternativas para el crecimiento y desarrollo de plantas en ausencia del suelo, como resultado de esta búsqueda se generó la tecnología de producción de cultivos sin suelo (Lara 1999).

Nuestro país no esta exento de estos problemas ya en la agricultura tradicional existen innumerables enfermedades, plagas y el uso de suelos marginales de baja fertilidad y poco profundos, estos son algunos de los factores que causan la reducción del rendimiento de los cultivos hortícolas(Acosta *et al.*,2000).

La importancia de los cultivos sin suelo en la horticultura protegida es cada vez mayor; ya que un mayorporcentaje de las estructuras instaladas y recientes optan por este sistema de cultivo teniendo a su disposición sofisticados equipos de fertirrigación, modernos armazones estructurales así como de sistemas de control activo del clima (Urrestarazu., 2004).

La hidroponía es concebida también por la FAO como la Agricultura Urbana del Desecho. En ella, en cualquier espacio por chico que sea y con reducido consumo de agua y con un pequeño esfuerzo físico, pero con mucha dedicación y constancia, se pueden obtener hortalizas frescas, sanas y abundantes en

cualquier lugar disponible del hogar (balcón, terraza, azotea, etc.) (Sánchez., 2000.)

En la última década, la producción de cultivos en hidroponía ha sido una opción adicional para abastecer de alimentos a la población. Entre otros factores, la solución nutritiva es parte fundamental de ese sistema de producción, e inclusive de la correcta aplicación de la solución nutritiva depende la magnitud y calidad de la producción (Lara 1999).

Los parámetros que caracterizan la SN son: el pH, la presión osmótica y las relaciones mutuas entre los aniones y los cationes (Adams, 1994; Rincón, 1997).

Steiner(1966) menciona que la respuesta de las plantas en crecimiento y desarrollo a la solución nutritiva del cultivo hidropónico, depende de varios factores, el más importante de éstos es la concentración total de iones, expresada como presión osmótica, la cual es una propiedad fisicoquímica de las soluciones que depende de la cantidad de partículas, o solutos disueltos (Segal, 1989).

Un aumento de la presión osmótica debido al incremento en el contenido de nutrientes o de otros iones en la solución nutritiva provoca que la planta realice un esfuerzo mayor para absorber agua y algunos nutrientes (Asher y Edwards, 1983; Marschner, 1995) y por consiguiente un desgaste de energía metabólica.

1.1 Objetivo:

Evaluar diferentes presiones osmóticas de la solución nutritiva en el cultivo de frijol ejotero hidropónico bajo condiciones de invernadero.

1.2 Hipótesis

La mayor presión osmótica de la solución nutritiva afecta negativamente el crecimiento y el rendimiento del frijol ejotero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El origen del frijol ejotero (*Phaseolus Vulgaris*)

El frijol es considerado como uno de los más antiguos; los hallazgos arqueológicos realizados en México y Sudamérica indican que era conocido unos 5,000 años antes de la era cristiana. Se ha podido deducir por los reportes arqueológicos que el frijol ha sido domesticado en América Latina hace un mínimo de 600 años (Kaplan, 1988).

Otras fuentes, aunque no mencionan la especie, estiman que la leguminosa es domesticada y cultivada antes de la época precolombina (ASERCA, 1997)

Debouck e Hidalgo, (1985) resaltan que es tal la importancia adquirida del frijol en esa época, que la civilización azteca llega a incluirlo en la lista de artículos que debían cobrarse como tributo, permiso que se exigía a otras tribus por el aprovechamiento de los recursos naturales o sitios en los que se establecían y habitaban las poblaciones de menor poderío.

2.2 Importancia del frijol.

Las leguminosas han sido utilizadas por el hombre desde la más remota antigüedad, formando parte de la dieta debido, principalmente a su alto contenido de proteínas, y en algunos casos, por la adecuada proporción de grasas que presentan las semillas de muchas especies. Dado a sí mismo la buena producción de hidratos de carbono que muestran, no es de sorprender el atractivo

que estas plantas han tenido tanto por el cazador-recolector como para el agricultor. Este interés es tanto más notable cuanto que los granos de leguminosas (en general la planta) contienen, como se ha dicho, sustancias antinutritivas cuya eliminación es necesaria si se los ha de utilizar como alimento; el cómo los pueblos primitivos han logrado las técnicas adecuadas para ello, técnicas que no siempre son sencillas, no es fácil de descubrir; pero cierto es que su utilización en la dieta ha sido una constante. (Nadalet *al.*,2004).

Según datos de la FAO, En el año 2001 se cultivaron 24 millones de has de frijol en el mundo, incluyendo los cultivos de leguminosa como grano (97%) y de hortícola (3%), principalmente en países en vías de desarrollo. como leguminosa grano, el país que más superficie dedica a su cultivo es la India (unos 7 millones de hectáreas), seguido por Brasil (3.7 millones de hectáreas) y México (1.7 millones de has). Como planta hortícola en China 128,000 y la India 150,000 ha, siendo estos los países con mayor superficie dedicada a este cultivo (Nadal *et al.*, 2004).

España dedicó a este cultivo en el año 2001, 15,400 ha para grano y 19,800 ha para cultivo hortícola, con más de 6.000 ha en cultivo protegido, siendo la región de Almería quien cultivo más del 65% de dicha superficie (Nadal *et al.*, 2004)

En México, la superficie promedio sembrada con frijol ejotero entre 1993 y el 2002 fue de 8,993 ha, con una variación desde 6,368 ha en 1993 hasta más de 11,000 el 2002 (Silbernagel *et al.*, 1991).

El rendimiento promedio obtenido con frijol ejotero durante el mismo periodo fue de 7,8 ton ha⁻¹ de vainas tiernas. Si se considera la producción obtenida en el 2000 y una población de 100 millones de personas, puede decirse que en México el consumo anual por persona es de 1.1 kg de ejotes, lo que es similar al promedio observado en otros países de América Latina, en México los estados de Puebla, Morelos y Sinaloa son los de más alto rendimiento con 14,11 y 10 ton ha⁻¹ respectivamente (Silbernagel *et al.*, 1991), Hidalgo y el estado de México presentan los más bajos rendimientos con 7y 5 ton ha⁻¹, respectivamente (SAGARPA, 2003)

2.3 Descripción botánica

El frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) es una planta herbácea autógama de ciclo anual, que se cultiva en zonas tropicales y regiones templadas. Se agrupa a la especie denominada termófila, dado que no soporta bajas temperaturas. Debouck e Hidalgo, (1985)

2.3.1 Raíz

Presenta un sistema radical que desarrolla raíces secundarias y terciarias, es superficial ya que el mayor volumen de la raíz se encuentra en los primeros 20 cm de profundidad del suelo; los pelos absorbentes, son órganos epidémicos

especializados en la absorción de agua y nutrimentos, se localizan en las partes jóvenes de las raíces laterales estos nódulos son colonizados por bacterias del género *Rhizobium* las cuales son fijadoras del nitrógeno atmosférico (Betancour y Dávila, 2002).

2.3.2 Tallo

El tallo joven es herbáceo al final del ciclo; es cilíndrico y sub glabro o pubescente, puede ser verde, morado o rosado. Es una sucesión de nudos y entrenudos donde se insertan las hojas y los diversos complejos axilares, el tallo o eje principal es de mayor diámetro que las ramas laterales (Betancour y Dávila, 2002).

2.3.3 Hoja

Son de dos tipos: simples y compuestas. Los cotiledones constituyen el primer par de hojas, proveen de sustancias de reserva a la planta durante la germinación y emergencia y elaboran los primeros carbohidratos a través de la fotosíntesis en sus cloroplastos, son de poca duración, el segundo par y primeras hojas verdaderas, se desarrollan en el segundo nudo, son simples, opuestas y cortadas. A partir del tercer nudo se desarrollan las hojas compuestas, las cuales son alternas, de tres foliolos, un peciolo y un raquis. Presentan variación en cuanto a tamaño, color y pilosidad (Beebe *et al.*, 2000).

2.3.4 Flor

Las flores de frijol desarrollan en una inflorescencia de racimo, la cual puede ser terminal como sucede en las variedades de hábito determinado o lateral en las indeterminadas. La inflorescencia consta de pedúnculo raquis, brácteas y botones florales. Los botones florales desarrollan en las axilas de las brácteas. Pueden ser blancas, rosada o de color púrpura (Beebe *et al.*, 2001).

2.3.5 Fruto

El fruto es el ovario desarrollado en forma de vaina con dos suturas que unen las dos valvas. Legumbre de color, formas y dimensiones variables, en cuyo interior se disponen de 4 a 6 semillas. Existen frutos de color verde, amarillo jaspeado de marrón o rojo sobre verde, aunque los más demandados por el consumidor son los verdes y amarillos con forma cilíndrica como acintada (Dávila, 2002).

2.3.6 Semillas

Las semillas se unen a las valvas en forma alterna sobre la sutura placental. Las divergencias laterales están constituidas por los cotiledones y las dos hojas primarias verdaderas; El embrión se sitúa dentro de la semilla entre los cotiledones con la radícula orientada hacia el micrópilo y la plúmula hacia el interior del grano (Beebe *et al.*, 2000).

2.4 Fenología del frijol ejotero

La planta de frijol común presenta las siguientes fases de desarrollo (Rodríguez, 1997)

2.4.1 Fase Vegetativa

Se inicia en el momento en que la semilla dispone de condiciones favorables para germinar, y termina cuando aparecen los primeros botones florales. En esta fase se forma la mayor parte de la estructura vegetativa que la planta necesita para iniciar su reproducción. (Rodríguez, 1997)

2.4.2 Fase Reproductiva

Se inicia con la aparición de los primeros botones florales y termina cuando el grano alcanza el grado de madurez necesario para la cosecha. A pesar de que esta fase es eminentemente reproductiva, durante ella las variedades de hábito de crecimiento indeterminado (tipo II, III y IV) continúan, aunque con menor intensidad, produciendo estructuras vegetativas. (Rodríguez, 1997)

2.5 Solución nutritiva

Una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma iónica y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de fierro y de algún otro micronutriente que puede estar presente (Steiner, 1968). Una SN verdadera es aquella que contiene las especies químicas indicadas en la solución, por lo que deben coincidir con

las que se determinen mediante el análisis químico correspondiente (*Steiner, 1961*)

La SN está regida por las leyes de la química inorgánica, ya que tiene reacciones que conducen a la formación de complejos y a la precipitación de los iones en ella, lo cual evita que éstos estén disponibles para las raíces de las plantas (De Rijck y Schrevens, 1998). Los parámetros que caracterizan la SN son: el pH, la presión osmótica y las relaciones mutuas entre los aniones y los cationes (Adams, 1994; Rincón, 1997).

2.5.1 El pH de la solución nutritiva

Samperio (2004) afirma, que el desarrollo de los vegetales se acelera o se retarda según el pH que tenga la solución nutritiva utilizada, las condiciones de acidez o de alcalinidad, se mide con el potenciómetro, comúnmente llamado pHmetro. La calibración de este equipo es muy importante ya que nos indica la medida de disponibilidad de los nutrientes. Cuando el pH de la solución es alcalino, se puede acidificar aplicando ácido nítrico, fosfórico o sulfúrico. Si por el contrario es demasiado, se podrá alcalinizar con hidróxido de calcio micronizado.

El pH recomendable de la solución nutritiva para el desarrollo de un buen número de cultivos tales como apio, berro, calabaza, brócoli, cebolla, entre otras hortalizas se desarrollan bien en un pH de 6 a 6.5 mientras que cultivos de fresa, tomate, papa, lechuga, melón sandía y otros se desarrollan bien con un pH de 5.5 a 6.00. (Samperio, 2004).

Favela *et al.*, (2006) menciona que, el pH de la SN no es estático, ya que depende del CO₂ en el ambiente, de que la SN se encuentre en un contenedor cubierto o descubierto, del ritmo de absorción nutrimental, de la fuente nitrogenada utilizada. (Juárez *et al.*, 2006) Esto significa que el pH es una propiedad inherente de la composición mineral de la solución nutritiva que no puede ser variado independientemente.

2.5.2 Presión osmótica

La respuesta de las plantas en crecimiento y desarrollo a la solución nutritiva del cultivo hidropónico (Steiner, 1966) depende de varios factores, el más importante de éstos es la concentración total de iones, expresada como presión osmótica de la solución nutritiva, que es una propiedad fisicoquímica de las soluciones que depende de la cantidad de partículas, o solutos disueltos (Segal, 1989). En la medida que la PO es mayor, las plantas deben invertir más energía para absorber el agua y los nutrimentos, por lo cual la PO no debe elevarse (Asher y Edwards, 1983).

La PO también influye en la absorción de agua y de los nutrimentos, pues a mayor PO, menor es la absorción; además, la absorción de nutrimentos se ve afectada de manera diferencial: la absorción de SO₄ es más restringida que la de NO₃ y H₂PO₄; el Ca más afectado que el Mg, y éste que el K, lo cual ocasiona un desbalance de la SN (Steiner, 1973).

Una medida indirecta y empírica para determinar la PO de la SN es la CE, que sirve para indicar la concentración total de sales disueltas en el agua; para hacerlo, se multiplica la CE de la SN por 0.36 (Rhoades, 1993); en cambio Steiner (1984) calcula la presión osmótica de la SN multiplicando el número total de mM por el factor 0.024 (Sonneveld, 1997) sugiere la siguiente ecuación para determinar la CE de una SN: $CE = \Sigma \text{ de cationes} / 10$, Esta ecuación es útil para valores de CE de 0 a 5 dS m⁻¹, rango en el que se encuentra la CE teórica de la SN. El incremento de la CE por la adición de más macronutrientes a la solución nutritiva, restringe la extracción de agua por las raíces, lo que propicia un aumento de azúcares en los frutos. La CE en el agua de riego permite verificar la concentración total de iones en la SN, detectar un mal funcionamiento en el equipo de inyección, errores eventuales en la preparación de las soluciones madre y las variaciones en la composición del agua de riego, que debe compararse mediante un análisis en el laboratorio (Rincón, 1997).

2.5.3 Relación mutua entre aniones y cationes

Steiner (1961) estableció el concepto de relación mutua entre aniones NO_3^- , H_2PO_4^- y SO_4^- , y entre los cationes K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} . Se basó en que una solución nutritiva debe estar regulada en sus macronutrientes contenidos en los iones mencionados. La regulación nutritiva consiste no solo en la cantidad absoluta de cada elemento aportando sino, además en la relación cuantitativa que se establece entre los aniones por una parte y los de cationes por la otra.

Steiner (1961) indicó que cuando se aplica la solución nutritiva en forma continua, las plantas pueden absorber iones a muy bajas concentraciones. Sin embargo es probable que a una concentración demasiado baja, la requerimientos mínimos de determinados nutrientes que no sea cubierta.

En el otro extremo de concentración, el consumo excesivo puede conducir a afectos tóxicos. El punto de discusión es la existencia de concentraciones óptimas de determinados nutrientes en solución para un cierto cultivo, bajo particularidades condiciones ambientales, o si sus proporciones relativas y no sus concentraciones absolutas son los factores determinantes, bajo el supuesto que las concentraciones absolutas son los factores determinantes, bajo el supuesto que las concentraciones son decisivas y que a éstas fueron determinadas experimentalmente, se tienen “a” mmol l⁻¹ de K⁺, “b” mmol l⁻¹ de Ca⁺ y “c” mmol l⁻¹ de Mg⁺, lo que da una relación de K⁺ :Ca²⁺:Mg²⁺, como a:b:c, sin embargo esta relación también puede ser expresada como a/n, donde n= a+b+c. así la composición obtenida puede ser expresada simultáneamente en términos de una suma y de una razón.

2.5.4 Solución universal de Steiner

Steiner (1968) afirma que, en los cultivos sin suelo se puede dar o establecer cualquier relación de iones y cualquier concentración total de sales, siempre que no supere los límites de precipitación para ciertas combinaciones de iones. Así, la selección de solución de la concentración de una solución nutritiva debe ser tal

que el agua y los iones totales sean absorbidos por la planta por la misma proporción en la cual están presentes en la solución.

Steiner (1984) elaboró una solución nutritiva universal que se distingue por sus relaciones mutuas entre aniones y cationes, expresadas en por ciento del total de me L^{-1} . Este autor indica que el uso de la solución nutritiva universal demanda únicamente que se determine la presión osmótica requerida para el cultivo en particular en una cierta época del año. Las relaciones mutuas entre los iones en la Solución Nutritiva Universal de Steiner en porcentaje del total de Mm^{-1} es de 60:5:35 para $\text{NO}_3^- : \text{H}_2\text{PO}_4^- : \text{SO}_4^{2-}$ y 35:45:20 PARA $\text{K}^+ : \text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$.

2.5.5 Calidad del agua para la solución nutritiva

La calidad del agua es de gran importancia para los cultivos hidropónicos. El agua con un contenido de cloruro de sodio de 50 ppm o aún mayor no es aconsejable para poder obtener un desarrollo óptimo de las plantas. Conforme el contenido de cloruro de sodio se incrementa, el desarrollo o crecimiento de las plantas va disminuyendo y finalmente morir cuando se alcanzan estos niveles en tóxicos (Resh, 2001).

Según Favelaet *al.*, (2006) el análisis químico del agua es un pre-requisito para determinar las cantidades y tipos de fertilizantes que se deben utilizar en la preparación de la SN, ya que según sus propiedades químicas, se realizan los ajustes necesarios para que la SN tenga un adecuado pH, contenido de sales, PO y balance entre los iones. Las principales propiedades del agua que se deben

tomar en cuenta para la preparación de la SN, son las siguientes: el pH, las sales disueltas, (aniones, cationes, micronutrientes y los elementos tóxicos).

El pH del agua no representa una gran restricción, debido a que puede ajustarse al valor deseado (pH de 5.5) mediante el uso de ácidos.

2.6 Presión osmótica en estudios de nutrición vegetal

El potencial osmótico, el balance iónico y las relaciones nutricionales del medio de cultivo son determinantes en el crecimiento y distribución de nutrientes, sin embargo, en la mayoría de las investigaciones los primeros no se consideran, en este apartado se presenta una de las investigaciones de como influye la presión osmótica en nutrición vegetal.

Molinos *et al.*, (2004) señalan que el efecto del potencial osmótico y contenido de Ca^{2+} en el medio de cultivo sobre la distribución de Ca^{2+} y K^+ , producción de biomasa y necrosis apical de vid "r110" las concentraciones de Ca^{2+} y K^+ fueron diferentes en los órganos analizados tallo y hojas en diferentes presiones osmóticas (-0,106; -0,113, -0,120; -0,128; -0,143 e -0,157MPa) El mayor potencial osmótico del medio de cultivo (-0,106MPa) favoreció la translocación de Ca^{2+} y K^+ de los tallos hacia las hojas, mientras que, el potencial más negativo (-0,157MPa) permitió que los mayores contenidos se acumularan en los tallos. El mayor peso de biomasa seca (57mg) y los menores porcentajes de explantes con síntomas de deficiencia de Ca^{2+} (20%) se obtuvieron con el potencial osmótico de -0,106MPa y con concentración de Ca^{2+} en el medio de cultivo de 1.

Parraet *al.*, (2008).Evaluaron dos experimentos sobre el Efecto del calcio y potencial osmótico de la solución nutritiva en la pudrición apical, composición mineral y rendimiento de tomate. El experimento 1 se evaluaron nueve tratamientos resultantes de la combinación de variar la concentración de Ca^{2+} (4,5; 6,75 y 9,0meq.l⁻¹) y el Ψ (-0,047; -0,072 y -0,097MPa) de la SN. En el experimento 2 se evaluaron otras concentraciones de Ca (7, 9 y 11meq.l⁻¹) y diferentes Ψ (-0,036; -0,048 y -0,072MPa). En el experimento 1 el incremento de Ca en la solución disminuyó significativamente el NFBER, mientras que niveles decrecientes de Ψ lo aumentaron. En el experimento 2 los frutos con BER tuvieron contenidos significativamente menores de Ca y P y mayores de Mg, comparados con los frutos sin BER. No hubo diferencias significativas en el rendimiento de frutos comerciales debido a los factores Ca y Ψ en los dos estudios, por lo que es posible reducir hasta en 50% la inversión en fertilizantes.

Villegas *et al.*, (2005)evaluó el efecto de tres concentraciones de Ca^{2+} (30, 40 y 60%) con relación al total de los cationes y tres potenciales osmóticos (-0.072, -0.092 y -0.112) de la solución nutritiva en el crecimiento y estado nutricional de plántulas de tomate hibrido Gabriela encontraron que con 60% de Ca^{2+} en la solución nutritiva, la producción de la materia seca de la raíz se incremento en 41.3% con respecto de la producida por las plántulas nutridas con 45 %. Con 30 %de Ca^{2+} en la solución se favoreció la concentración de P (23.80%), potasio (30.95%) y magnesio (27.27%), y la acumulación de fosforo (33.33%) en plántulas y magnesio (26.31%) en las plántulas. La concentración de

calcio en las plántulas fue significativamente superior (48.72%) cuando se nutrieron con 60 % de este nutrimento en la solución nutritiva que con 30 % y 45%. El contenido de calcio y el potencial osmótico de la solución nutritiva tuvieron efectos significativos en la concentración de nutrimentos en la raíz, tallo y hoja de las plántulas de tomate.

Preciado *et al.*, (2003). Evaluaron diferentes presiones osmóticas de la solución nutritiva y la producción de plántulas de melón que, Con la presión osmótica de 0.72 atm, en la solución nutritiva se lograron mayor crecimiento y mayor absorción nutrimental de las plántulas; no existieron diferencias significativas en el crecimiento y en la absorción nutrimental por efecto del aumento gradual en los porcentajes en la concentración de la solución nutritiva. Con la utilización de las soluciones nutritivas se obtuvieron plántulas con mayor crecimiento y absorción nutrimental que las obtenidas con la fertilización al suelo.

Flores *et al.*, (2005). Evaluaron diferentes presiones osmóticas sobre el crecimiento y floración de crisantemo siendo estos (0.018, 0.027, 0.036 y 0.045 MPa) y concluyó que, con 0.036 y 0.045 MPa de presión osmótica en la solución nutritiva, se obtiene la mayor expresión de las variables del crecimiento (altura de la planta, diámetro de tallo, entrenudos por planta, área foliar, diámetro de inflorescencia y calidad de la flor) (diámetro de la coloración amarilla central de inflorescencia: 6.5 cm con 0.036 MPa; intensidad de la coloración citada anteriormente y periodo de vida en florero: 7.3 y 17 días con 0.045 MPa;

respectivamente). También, conforme se incrementó la presión osmótica de las solución nutritiva, disminuyó el periodo de trasplante a corte del cultivo (90 y 84 días con 0.018 y 0.045 MPa, respectivamente).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera se localiza en la parte central de la zona norte de México. Se encuentra ubicada entre las coordenadas 25° 32' 40'' Latitud Norte y 103° 26' 30'' Longitud Oeste. La altitud de esta región es de 1,140 msnm. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las tres áreas agrícolas, así como las áreas urbanas.

El clima es seco-desértico, con escasas lluvias, apenas entre 100 y 300 mm como media anual; la mayoría de estas precipitaciones van desde abril hasta octubre. La temperatura promedio fluctúa entre los 0 y 40 °C, pero puede alcanzar hasta 44.4 °C en verano y -8.5 °C en invierno. (<http://es.wikipedia>)

3.2 Localización del experimento

El experimento se desarrolló en un invernadero del departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Regional Laguna, que se encuentra localiza entre las coordenadas 25° 34' N y 103° 22' O a una altitud de 1126 msnm.

3.3 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos y diez repeticiones, teniendo 30 unidades experimentales, mismas que consistieron en macetas de cinco litros de capacidad y en cada maceta contenía dos plantas de frijol por repetición, éstos a una distancia de 30 cm por planta y 40 cm la distancia entre hileras “surcos”. Los tratamientos en estudio se indican en el cuadro siguiente.

Cuadro 1. Tratamientos de estudio.

TRAT.	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	PO
Meq L ⁻¹ Atm.							
1	12	1	7	7	9	4	0.72
2	18	1.5	10.5	10.5	13.5	6	1.08
3	24	2	14	14	18	8	1.44

PO = Presión osmótica atm= atmósferas

3.4 Análisis del agua

Se realizó el análisis de agua correspondiente para conocer la cantidad de elementos minerales que contenía y tenerlos en cuenta en el momento que se procederá a la preparación de la solución nutritiva, de los nutrimentos que se tienen que suplir se saca la diferencia entre lo que se tiene que agregar restándole. Los resultados del análisis de agua que se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Análisis de agua utilizado en el experimento.

PARAMETROS	VALOR
pH	7.80
C.E (ds/m)	1.15
CATIONES SOLUBLES	
Ca (me L ⁻¹)	7.01
Mg (me L ⁻¹)	0.95
Na (me L ⁻¹)	2.71
K (me L ⁻¹)	0.22
Σ cationes	10.89
ANIONES SOLUBLES	
CO ₃ (me L ⁻¹)	0.00
HCO ₃ (me L ⁻¹)	3.12
Cl (me L ⁻¹)	2.30
SO ₄ (me L ⁻¹)	5.23
Σ aniones	10.65
SAL PREDOMINANTE	
RAS	1.36
Boro (mg L ⁻¹)	0.30
Nitratos (NO ₃ , mg L ⁻¹)	7.64
Clasificación	C ₃ S ₁

El 5 de junio del 2010 se inició con el llenado de bolsas de cinco litros de capacidad utilizando aproximadamente tres kg de perlita como sustrato, se llenaron 30 bolsas para lo que comprendía el experimento. Se utilizó perlita con una granulometría de 1-3 mm.

3.5 Manejo del cultivo

3.5.1 Germinación de semillas.

El 7 de junio del 2010 se pusieron a germinar las semillas de frijol ejotero utilizando perlita como sustrato, para la germinación se usaron vasos desechables y se depositaron de dos semillas por vaso y después se aplicó un riego para que

las semillas y el sustrato quedaran mojados y así sucesivamente los riegos hasta el día del trasplante.

3.5.2 Trasplante

Las plantas germinaron a los tres días de haber sido depositadas en los vasos desechables, y a los 10 días (17 junio del 2010) se realizó el trasplante seleccionando las mejores plantas(uniformes y vigorosos) para sembrarlas en las macetas con perlita, lugar donde completaron su ciclo.

3.5.3 Preparación de soluciones nutritivas

Para preparar las soluciones nutritivas se utilizaron fertilizantes comerciales.

Cuadro 3. Fertilizantes utilizados en la preparación de soluciones nutritivas para tratamientos de estudio.

Nombre	Fórmula	% del nutriente que aporta		
Fosfato de Potasio	KH_2PO_4		52 P_2O_5	34 K_2O
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15.5 NT (14.2 NO_3 y 1.3 NH_4)		26 CaO
Nitrato de potasio	KNO_3	13 NO_3	44 K_2O	0.5 MgO
Nitrato de magnesio	MgNO_3	11 NO_3		15.5 MgO
Sulfato de potasio	K_2SO_4		52 K_2O	18 SO
Ácido nítrico	HNO_3	55 %	Θ 1.35	
Acido sulfúrico	H_2SO_4	70 %	Θ 1.85	

Θ = Densidad.

3.5.4 Riegos y fertilización

El primer riego con la solución nutritiva se realizó a los 13 días después de la germinación de las semillas, hasta la cosecha, de igual manera con los demás tratamientos. Se les aplicó 300 ml de solución nutritiva por el día y 300 ml por la tarde a cada maceta, teniendo como riego total por maceta 600 ml diario.

3.5.5 Aplicación de micronutrientes

Esto se llevó a cabo el 7 de agosto del 2010 cuando la planta empezó a mostrar los síntomas de deficiencia de algún microelemento, por lo general de hierro. Para esto se utilizó fertilizante quelatado con nombre comercial Maxiquel. Las dosis aplicadas fueron: B 0.5 mg L^{-1} , Zn 1 mg L^{-1} , Mn 0.5 mg L^{-1} , Fe 5 mg L^{-1} .

3.5.6 Plagas y enfermedades

Durante el ciclo del cultivo se presentaron plagas como la mosquita blanca (*Trialeurodes*spp.) y no se nos presentaron enfermedades. Para controlar la plaga de mosquita blanca se utilizaron los insecticidas comerciales diazinon (1.5 mL L^{-1}) y cipermetrina (2 mL L^{-1}).

3.5.7 Cosecha

Esto se realizó cuando en la vaina del ejote se comenzaban a notar los granos del frijol se basó en el toque de las vainas y en el tamaño. Se realizaron dos cosechas en el mes de Agosto del 2010.

3.6 Variables evaluadas

3.6.1 Altura de las plantas.

Esta actividad se realizó cada 15 días, se midieron cada una de las plantas con una cinta métrica y se registraron los datos.

3.6.2 Número de hojas.

Esto se realizó al momento de medir la altura de las plantas, al mismo tiempo se contabilizó el número de hojas por planta.

3.6.3 Número de vainas

Esto se realizó después de cosechar las vainas de frijol, se sacó un promedio de acuerdo a cada maceta de estudio realizado de las dos cosechas.

3.6.4 Peso de la vaina

Para esta variable se registró el peso fresco de la vaina de frijol en una báscula digital reportando el peso en gramos.

3.6.5 Longitud de la vaina

Se utilizó una regla y se procedió a medir las vainas y registrar la longitud en cm.

3.6.6 Medición indirecta de clorofila con el SPAD-502

Esta variable se determinó al colocar hojas en la ventana receptora del instrumento llamado SPAD-502 que sirvió para medir indirectamente la cantidad de clorofila.

3.6.7 Peso de la materia seca total.

Para determinar el peso seco total de materia seca se procedió a secar hojas, vainas y planta, para esto se utilizó una estufa de laboratorio. Se metió el material a la estufa a una temperatura de 72 °C por 48 horas, después se pesó el material seco y se registraron los datos en gramos.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza y para la separación de medios se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS versión 9.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables evaluadas

En el análisis estadístico realizado para las variables en estudio presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para longitud de vaina, semillas por vaina y rendimiento, mientras para: altura, número de hojas, número de vaina, peso de la vaina, peso de la materia seca total y clorofila, las diferencias no fueron significativas.

Cuadro 4: valores medios de las variables evaluadas en frijol ejotero.

TRAT	ALT	NH	NV	PV	LV	SV	RT	PST	MIC
	Cm.			Gr.	Cm		Gr	Gr	
0.72	38.20	37.45	39.20	4.56	11.60	4.93a	176.40	42.6	38.41
	a	a	a	a	a		a	a	a
1.08	42.18	41.00	47.80	4.39	11.65	4.96 a	208.30	43.48	38.54
	a	a	a	a	a		ab	a	a
1.44	39.20	37.00	39.80	4.56	10.90	4.41 b	167.80	43.22	38.61
	a	a	a	a	b		b	a	a

ALT= Altura NH= Núm. de hojas NV=Núm. de vainas PV= Peso de vainas LV= Longitud de vainas SV= Semillas por vaina RT= Rendimiento total PST= Peso seco total MIC= Medida Indirecta de Clorofila. Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente similares Tukey ($P \leq 0.05$).

4.2 Altura

De acuerdo al análisis de varianza la altura de la planta no fue afectada por la concentración de sales (PO) en la solución nutritiva (Figura 1), ya que, la altura de planta en los tres tratamientos fue estadísticamente similar. Sin embargo en términos numéricos el tratamiento con PO de 1.08 atm presentó la mayor altura promedio con 42.18 cm, seguido por el tratamiento de 1.44 atm con 39.20 cm; en cambio la menor altura fue para la presión osmótica de 0.72 atm con 38.20 cm. Resultados similares observados por Flores *et al.*, (2005) al reportar que el aumento de la presión osmótica en la solución nutritiva no afectó la altura en plantas de crisantemo.

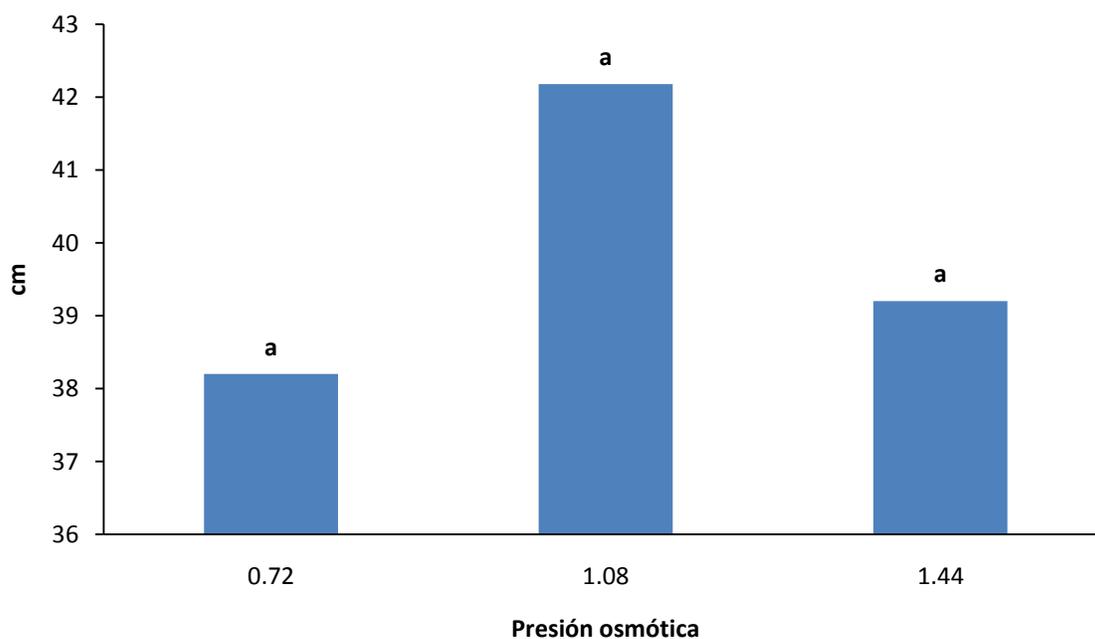


Figura 1. Altura de planta por efecto de diferentes presiones osmóticas de la solución nutritiva. Letras distintas presión osmótica representan diferencia estadística (Tukey $P \leq 0.05$).

4.3 Número de hoja

En esta variable el análisis estadístico, no presentó diferencia significativa entre las diferentes presiones osmóticas en la solución nutritiva. Pero se observa que en el tratamiento de 0.72 atm, se obtuvo un mayor número de hojas, esto podría ser por el aumento de nitrógeno en la solución. Lo anterior que concuerda con lo reportado Preciado *et al.*, (2003) en el cultivo de melón, en la cual no se lograron diferencias significativas en el número de hojas y en la absorción nutrimental por efecto del aumento gradual en los porcentajes en la concentración de la solución nutritiva, afirmando que este es un parámetro genético, en cambio el área foliar si es un parámetro modificable por factores externos.

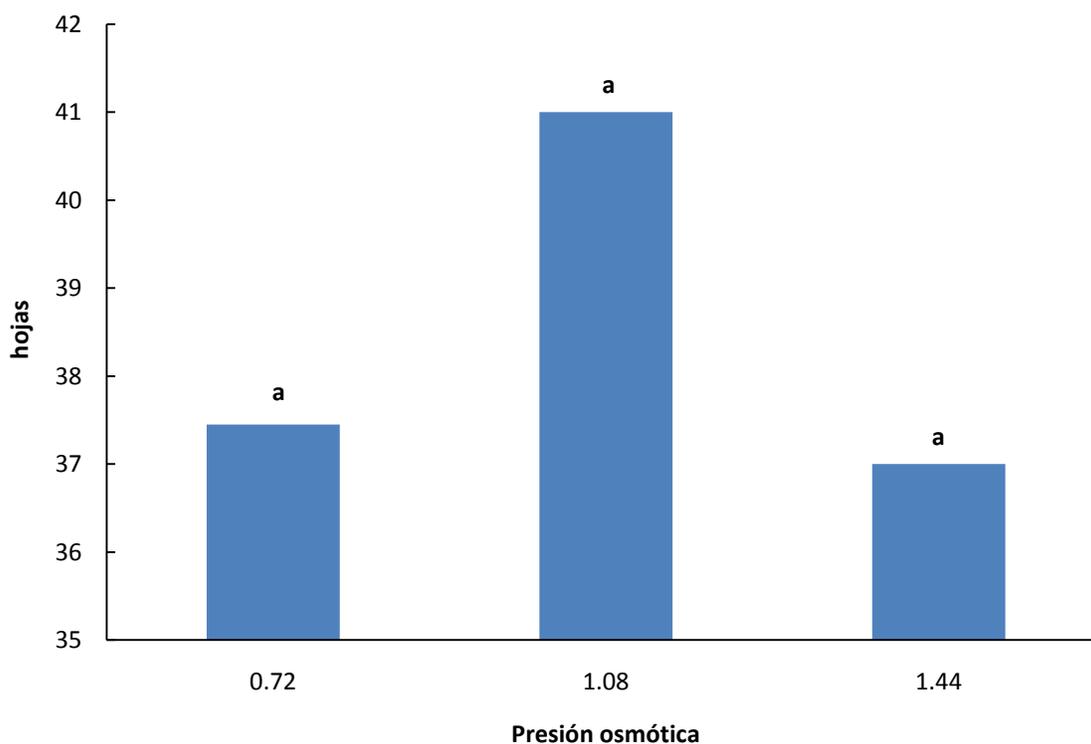


Figura 2. Número por efecto de diferentes presiones osmóticas de la solución nutritiva. Letras distintas en cada presión osmótica representan diferencia estadística (Tukey $P \leq 0.05$).

4.4 Número de vainas

En esta variable, el análisis estadístico, no mostró diferencia significativa por lo que la concentración de sales (PO) en la SN no afectó esta variable de estudio. Sin embargo se puede observar que la mayor número de vainas se obtuvo con la presión osmótica de 1.08 atm, con un promedio de 47.8 vainas por planta, seguido la presión osmótica de 0.72 atm. (Muñoz *et al.*, 2004) encontraron que el incremento de la salinidad no produjo variaciones significativas en el número de frutos de pimiento, al igual que Li *et al.*, (2000) encontró resultados similares en tomate; en el presente estudio tampoco encontró diferencias significativas en el número de vainas ni en el peso de las mismas.

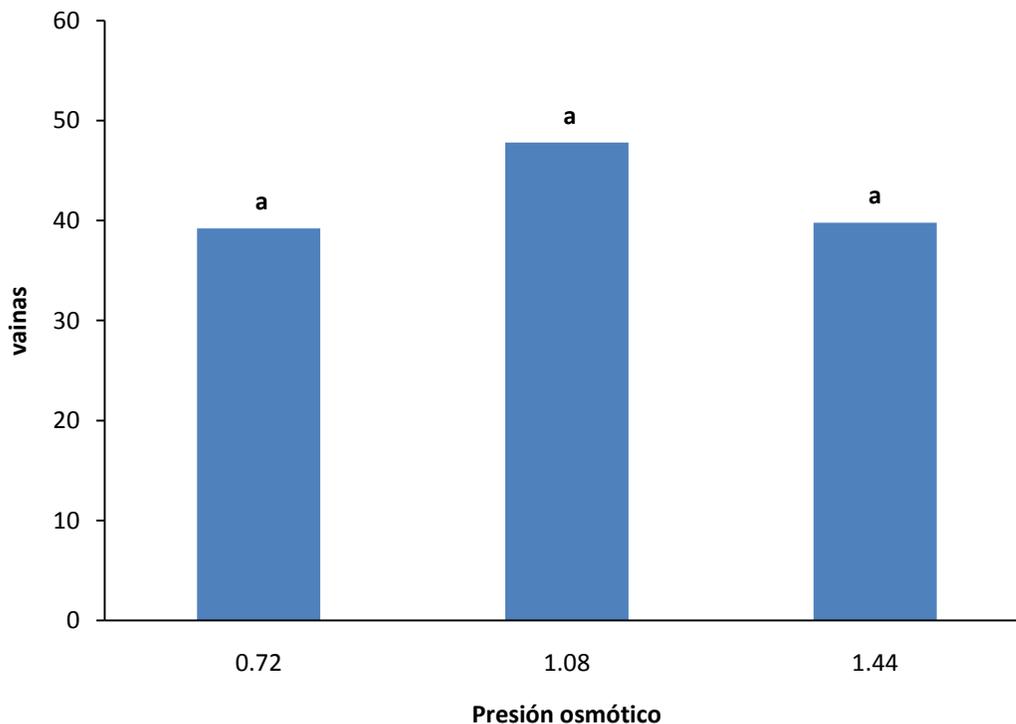


Figura 3. Número de vainas por efecto de diferentes presiones osmóticas de la solución nutritiva. Letras distintas en cada presión osmótica representan diferencia estadística (Tukey $P \leq 0.05$).

4.5 Peso de vaina

Con el aumento de la presión osmótica de la solución nutritiva para esta variable, no se presentó diferencia significativa, se observa que en los tratamientos de 0.72 y 1.44 atm tienen en promedio de 4.56 gr, y el tratamiento de 1.08 atm con un promedio de 4.39 que es el más bajo, Resultados similares fueron reportados por Capulín (2005) en la producción de tomate, que al aumentar la conductividad eléctrica esto tiene influencia en el peso siendo menor, aun cuando el número de frutos es en mayor cantidad tal como en resultados anteriores de la variable de número de vainas.

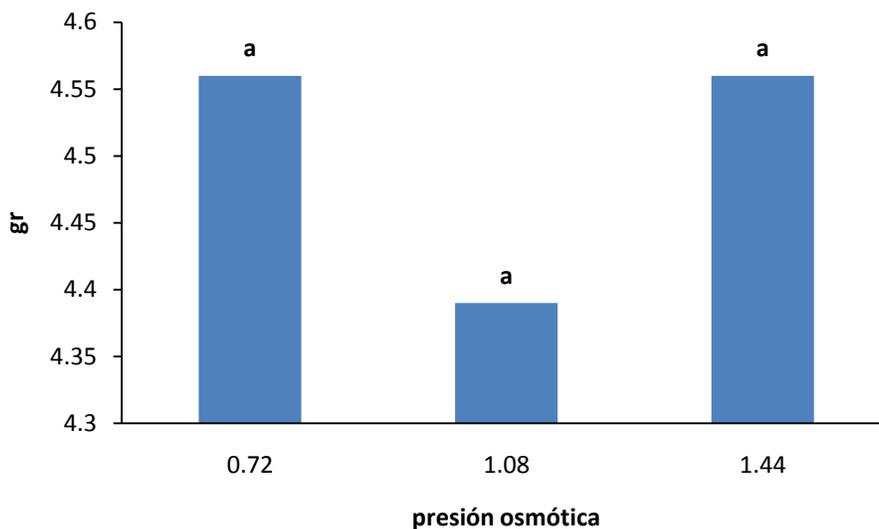


Figura 5. Peso de vainas por efectos de diferentes presiones osmóticas de la solución nutritiva. Letras distintas en cada presión osmótica representan diferencia estadística (Tukey $P \leq 0.05$).

4.6 Longitud de vaina

El análisis de varianza presentó diferencia significativa para esta variable dando como resultado de las presiones osmóticas de 0.72 atm con 11.60 cm, 1.08 atm con 11.65 cm, y 1.44 con 10.90; esto concuerda con lo demostrado por Cornish, (1992), quien demostró que la salinidad tiene influencia en el tamaño de frutos, ya que al utilizar diferentes valores de CE (2, 4, 6 y 8 mS cm⁻¹), se observa que, a medida que aumentó la salinidad en la solución, disminuye en el tamaño de los frutos en la planta.

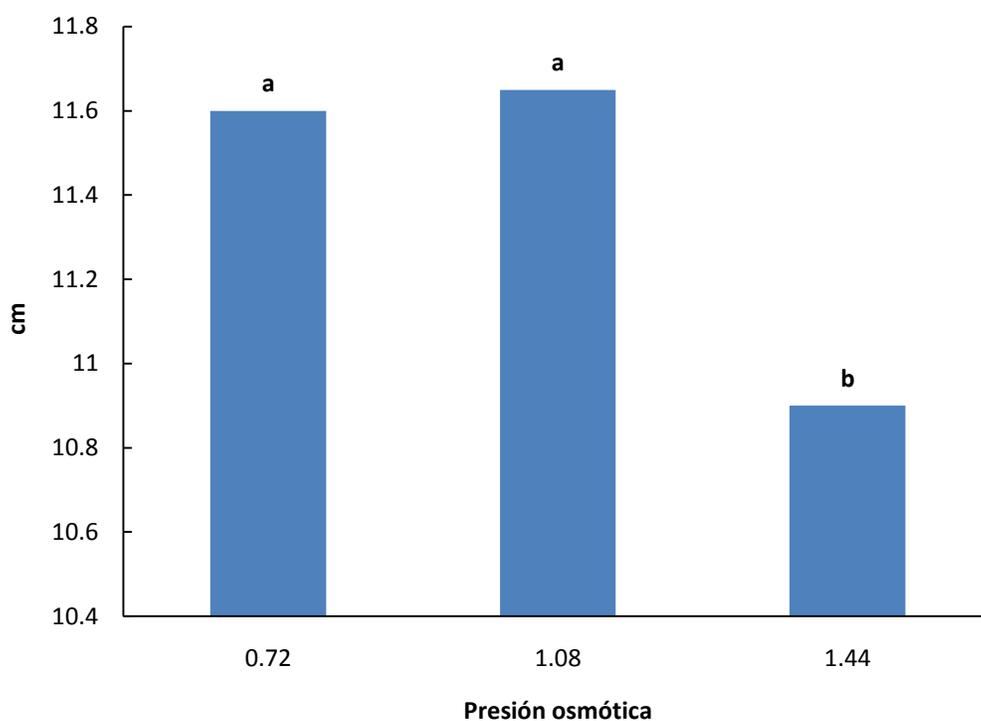


Figura 4. Longitud de vainas por efecto de diferentes presiones osmóticas de la solución nutritiva. Letras distintas en cada presión osmótica representan diferencia estadística (Tukey $P \leq 0.05$).

4.7 Semillas por vaina

En esta variable el análisis de varianza presentó diferencia significativa (Figura 7) siendo las presiones osmóticas de 0.72 y 1.08 atm las de mayor número de semillas/vaina (4.93 y 4.96), mismas que en la variable de longitud de vainas resultaron ser significativas, mientras que la PO de 1.44 atm presenta el menor número de semillas por planta.

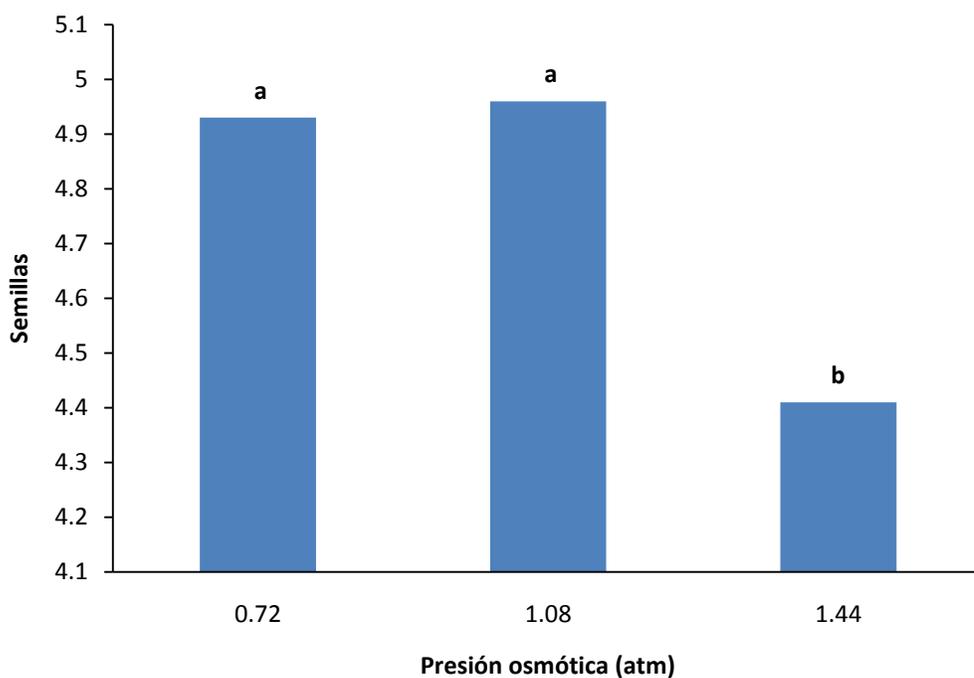


Figura 7. Semillas por vaina por efecto de diferentes presiones osmóticas de la solución nutritiva. Letras distintas en cada presión osmótica representan diferencia estadística (Tukey $P \leq 0.05$).

4.8 Rendimiento total

El análisis estadístico de esta variable, mostró diferencia estadística ($P \leq 0.05$) entre las presiones osmóticas de la solución nutritiva evaluadas, mostrando el mayor con 208.3 gr por planta para la presión osmótica de 1.08 atm, con 176.4 gr, para 0.72 atm, y 167.8 gr. para 1.44 atm (Figura 6). Campos (2003) encontró resultados similares en el rendimiento de frambuesa al aumentar la presión osmótica de 0.36 a 0.54 atm. Estos resultados se deben a que las plantas tuvieron una mayor altura, mayor número de hojas y por lo tanto mayor cantidad de fotoasimilados, probablemente debido a que con dicha PO, existió una adecuada absorción de nitrógeno, ya que el suministro de este elemento se asocia con niveles adecuados de clorofila, crecimiento vegetativo vigoroso, alta actividad fotosintética y con la síntesis de carbohidratos, de lo cual depende el rendimiento (Castro *et al.*, 2004).

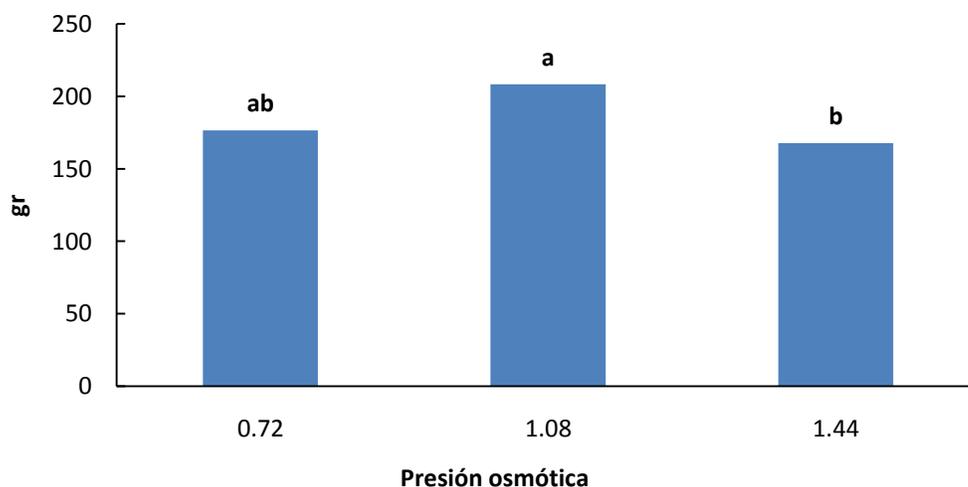


Figura 8. Rendimiento por efecto de diferentes presiones osmóticas de la solución nutritiva. Letras distintas en cada presión osmótica representan diferencia estadística (Tukey $P \leq 0.05$).

4. 9 Peso seco de la planta

La presión osmótica de la solución nutritiva no presentó efectos significativos en la producción de materia seca de la planta (Figura 7); sin embargo en dicha figura se observa que presión osmótica de 1.08 atm logró un peso de 43.48 gr, la presión osmótica de 1.44 atm logró 43.22 gr, y finalmente con la PO de 0.72 obtuvo 42.6 gr de materia seca por planta. Estos resultados son similares por lo reportado por Villegas *et al.*, (2005) quienes evaluaron el crecimiento y estado nutricional de plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferentes potenciales osmóticos de la solución nutritiva.

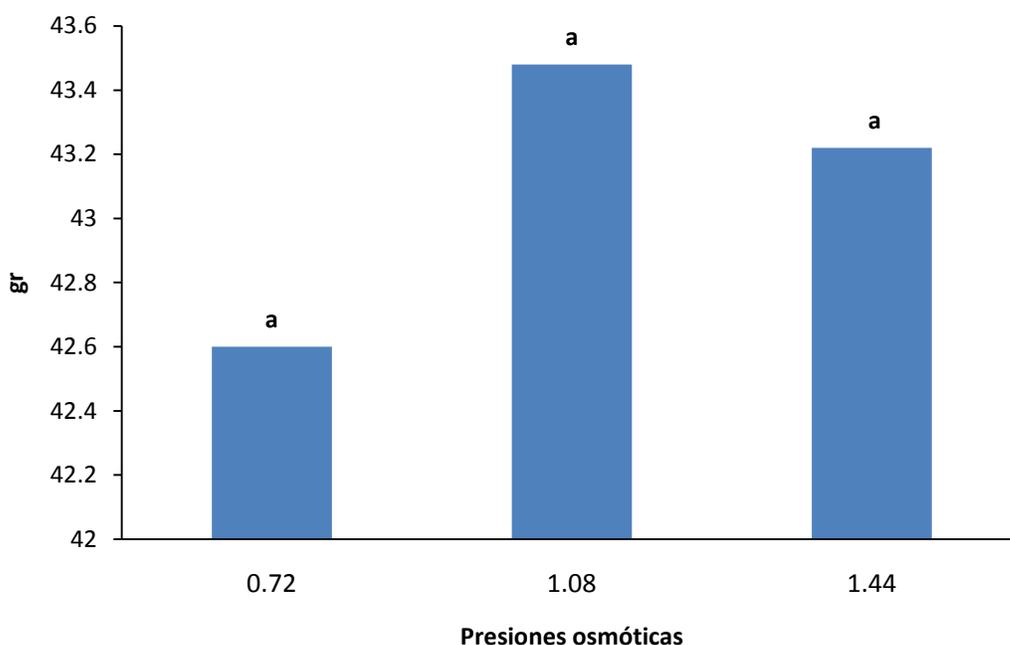


Figura 7. Peso seco total por efecto de diferentes presiones osmóticas de la solución nutritiva. Letras distintas en cada presión osmótica representan diferencia estadística (Tukey $P \leq 0.05$).

4.10 unidades SPAD

Las lecturas de esta variable no fueron afectadas por las diferentes PO evaluadas debido a que no existió diferencia significativa; sin embargo se observó que, a medida que se aumentó la PO los valores de SPAD, aumentaban (Figura 8), en dicha figura se observa que el tratamiento con una PO de 1.44 atm obtuvo 38.6, el de 1.08 atm logró 38.54 y por último la PO de 0.72 mostró los menores valores en las unidades SPAD con 38.41. Resultados similares encontrados por Enriquez *et al.*, (2005) en plantas de *Dendranthema grandiflora* donde no se encontró significancia al aumentar la presión osmótica de la solución nutritiva.

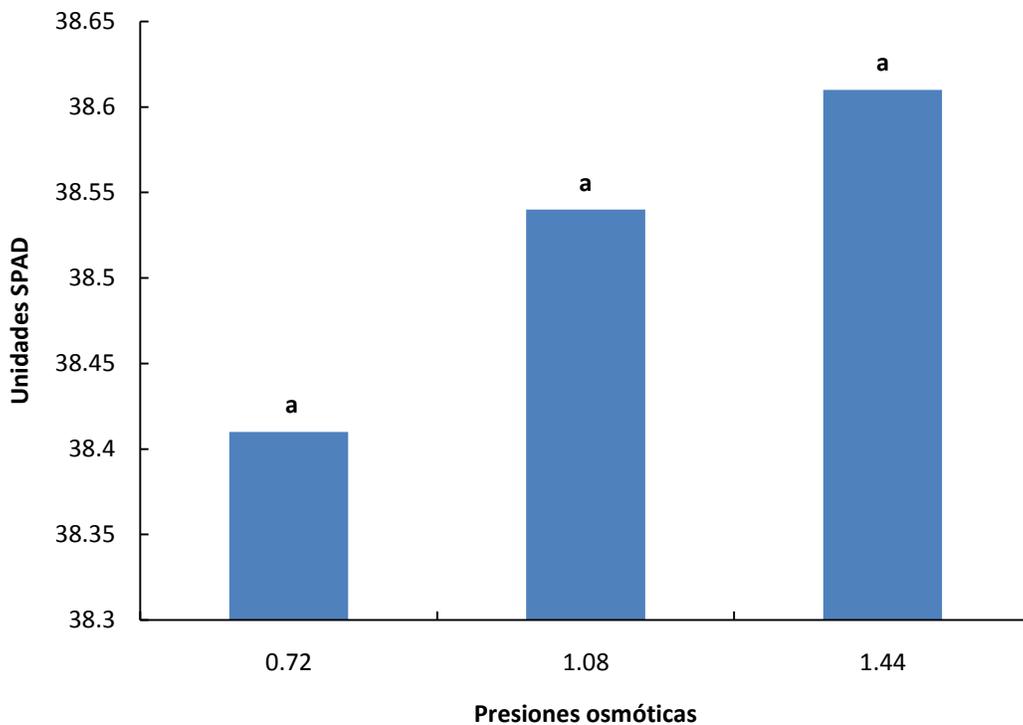


Figura 8. Unidades SPAD por efecto de diferentes presiones osmóticas de la solución nutritiva. Letras distintas en cada presión osmótica representan diferencia estadística (Tukey $P \leq 0.05$).

V. CONCLUSIONES

Los tratamientos de estudio del rango total 0.72 atm a 1.44 atm en la fase vegetativa, no presentaron diferencias significativas en las variables de; altura, número de hojas, número de vainas, peso de vainas, peso seco y clorofila.

En la fase reproductiva, para los parámetros de longitud de vaina, número de semillas y rendimiento total, demostraron ser iguales en el rango de 0.72 a 1.08 atm.

Para el tratamiento de estudio de la presión osmótica de 1.44 atm afectó negativamente en las variables de longitud de vainas, rendimiento total y número de semillas.

VI. LITERATURA CITADA

- Acosta G., J.A., R. Rosales S., R. Navarrete M. y E. López S. 2000. Desarrollo de variedades mejoradas de frijol para condiciones de riego y temporal en México. *Agricultura Técnica Mexicana*. 26:79-98.
- Adams P. 1994. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic systems. *Acta Hort*. 361: 245-257.
- ASERCA 1997. La producción de frijol en México: diversidad y libre mercado. *Claridades Agropecuarias*, No. 44. México, D.F. 23 p
- Asher, C.J., and D.G. Edwards. 1983. Modern solution culture techniques. pp. 94-119. *In: A. Pirson, and M.H. Zimmermann (Ed.). Encyclopedia of Plant Physiology*. Vol. 15 - A. Springer- Verlag, Berlin.
- Beebe, S., P.W. Skroch, J. Tohme, M.C. Duque, F. Pedraza, and J. Nienhuis. 2000. Structure of Genetic Diversity among Common Bean Landraces of Middle American Origin Based on Correspondence Analysis of RAPD. *CropSci* 40:264-273.
- Betancour M.J., and J.E. Dávila. 2002. En frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): cultivo, beneficio y variedades. FENALCO., Medellín. Colombia.
- Campos-Mota Lilian Gustavo A. Baca-Castillo, David J. C, Alfonso M. L y Rafael A. Hdz. 2003. Fertirriego y micorriza en frambuesa roja cultivada en tepetate. *Agrociencia*. 38: 75-83. 2004.
- Capulín G. J, Roberto N. E, Prometeo S.G, Ángel Mtz. G, Marcos S. Hdz, 2005, producción de tomate con estiércol líquido de bovino, acidulado con ácidos orgánicos e inorgánicos. *Terra latinoamericana*. 23:241-247.
- Castro B.R, Galvis S.A, Sánchez G.P, Peña L.A, Sandoval V.M. Alcántara G.G, 2004. Demanda de nitrógeno en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot). *Rev. Chapingo Ser. Hort*. 10:147-152.
- Cornish P. S. 1992. Use of high electric conductivity of nutrient solution to improve the quality of salad tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) grown in hydroponic culture. *Austr. J. Exp. Agric*. 32: 513-520.
- De Rijck, G. y E. Schrevens. 1998 a. Cationic specification in nutrient solution as a function of pH. *J. Plant Nutr*. 21: 861- 870.

- Debouck D. y Hidalgo R. 1985. Morfología de la planta de frijol común; en Marcelino López, Fernando Fernández y Aart van Sochoonhoven (Comp), Frijol: investigación y producción (pp. 7–41). PNUD/CIAT. Cali, Colombia.
- Enriquez del V.J.R; Beatriz V. T; Alejandra R. V.F; Vicente A.V.V. 2005. Nutrición de plantas de (*Dentranthema grandiflora*) obtenidas in vitro durante su aclimatación en invernadero. Revista fitotecnia Mexicana. 28: 377- 383.
- Favela, Ch. E; Preciado, R. P; Adalberto B. M. 2006. Manual para preparar soluciones nutritivas. UAAAN. Págs. 145.
- FIRA 2001. El frijol en México competitividad y oportunidades de desarrollo, Boletín Informativo, No. 316. Vol. XXXIII. 88 p.
- Flores Ruvalcaba J.S, Becerril R. A.E, González Hdz V.A, Tijerina Ch. L, T. Vásquez R. 2005. Crecimiento vegetativo y floral del crisantemo (*dentranthema x grandiflorum (ramat) kitara*) en respuesta a la presión osmótica de la solución nutritiva. Revista Chapingo Serie horticultura.11: 241-249.
- Juárez Hdz. Ma. De J, Gustavo A. B C, Lorenzo A. A. N, Prometeo S. G, Juan Luis T. T, Jaime S. C, Ma. Teresa C. De L. 2006. Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *Interciencia*, 31:246-253.
- Kaplan, L. N. 1988. La domesticación del Phaseolus: una cosecha complementaria en la prehistoria. In: Coloquio V. Gordon Childe. Estudios sobre las revoluciones neolítica y urbana (Ed.) Manzanillo, L. UNAM, pp 147-166.
- Lara H. A. 1999, Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra*, 17: 221-229.
- Li, Y. L. 2000. Analysis of greenhouse tomato production in relation to salinity and shoot environment. PhD dissertation. Wageningen University. Wageningen, The Netherlands Si de que Universidad.
- Marschner H .1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2a ed. Academic Press. San Diego, CA, EEUU. 889 pp.
- Molinos da Silva Christian, Ángel V. M, Prometeo S. G, Gabriel A. G, Ma. N. R. M, Lucero del M. R. P. 2004. Efecto del potencial osmótico y contenido de Ca^{+2} en el medio de cultivo sobre la distribución de Ca^{+2} y K^{+} , producción de biomasa y necrosis apical de vid. *Interciencia* 29 no.7 Caracas Págs. 384-388

- Nadal M. M; M.T. Moreno Y; J.I. Cubero S. 2004. Las leguminosas grano en la agricultura moderna. Ediciones: Mundi Prensa. Editorial: Aedos, S. A. México. Págs 36- 37.
- Parra Terraza Saúl, Manuel V. R, Pedro S. P, José L. C. M. Sergio Hdz. V. 2008. Efecto del calcio y potencial osmótico de la solución nutritiva en la pudrición apical, composición mineral y rendimiento de tomate. *Interciencia*.33: 449-456.
- Preciado, R.P. Baca Castillo, G.A. Tirado Torres, J.L. KohashiShibata, J. Tijerina Chávez L. Martínez Garza A. 2003. Presión osmótica de la solución nutritiva y la producción de plántulas de melón. *Terra Latinoamericana* 21:461-470.
- Resh H. M. 2001. Cultivos Hidropónicos, 5ta edición, Mundi Prensa, Aedos, México, Págs. 547.
- Rhoades, J. D. 1993. Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. *In: Sparks, D.L (ed). Advances in Agronomy*.Págs.201-251.
- Rincón, S. L. 1997. Características y manejo de sustratos inorgánicos en fertirrigación. I Congreso Ibérico y III Nacional de fertirrigación. Murcia, España.
- Rodríguez E, Edwin L, Francisco G. 1997. Manejo integral del cultivo de frijol poroto. Módulo II, Panamá. pp. 13.
- Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación SAGARPA (2003) Producción de hortalizas. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.com.mx>. (15 de marzo 2012).
- Samperio R. G. 2004. Un paso más en la hidroponía, editorial Diana, México DF. Págs. 237
- Sánchez CortazzoAlvaro. 2000. Hidroponía una gota viva de esperanza, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima –PERÚ-, Págs. 10
- Segal BG. 1989. Chemistry: Experiment and theory. Wiley. Nueva York, EEUU. 1008. pp.

- Silbernagel M. J, Janssen W, Davis J.H. C, Montes de O. G, 1991. Snap bean production in the tropics: Implication for genetic improvement. Centro International de Agriculture Tropical pp. 835-862.
- Sonneveld, C. 1997. A universal programme for calculation of nutrient solutions. Proceedings 18th Hydroponic Society of America. 7-17.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil*. 15: 134- 154.
- Steiner, A. A. 1966. The influence of chemical composition of a nutrient solution on the production of tomato plants. *Plant Soil*. 24: 454-466.
- Steiner, A. A. 1968. Soilless culture. Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute. pp: 324-341.
- Steiner, A. A. 1973. The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution. pp. 43-53. *In: Proceedings 3rd International Congress on Soilless Culture*. Wageningen. The Netherlands.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. pp. 633-650. *In: Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture*. Wageningen. The Netherlands.
- Urrestarazu G. M, 2004, tratado del cultivo sin suelo. Editorial Aedos, S.A, ediciones Mundi Prensa. México. PP: 423
- Villegas Torres O. G, Sánchez G. P, Baca C. G. A, Rodríguez Mza. N, Trejo C, Sandoval V. M. Cárdenas S. E, 2005 Crecimiento y estado nutricional de las plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio y potencial osmótico. *Terra Latinoamericana*. 23:49-56.

<http://www.municipios.mx/sitemap-page-order.html> (12 de Marzo 2012)

http://es.wikipedia.org/wiki/Noreste_de_M%C3%A9xico (12 Marzo 2012)