

11821 29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**RESPUESTA DEL PEPINO (Cucumis sativus L.)
A DIFERENTES FERTILIZANTES FOSFATADOS, BAJO
EL SISTEMA HIDROPONICO POR SUBIRRIGACION**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA**

P R E S E N T A N

SALVADOR GONZALEZ VALDES

JOSE LUIS GRANADOS MARTINEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1990

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

Página

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	i
RESUMEN	x
1.- INTRODUCCION	1
2.- OBJETIVOS E HIPOTESIS	3
3.- REVISION DE LITERATURA	4
4.- MATERIALES Y METODOS	39
4.1 Localización del experimento.	39
4.2 Características de la instalación	39
4.3 Diseño experimental.	42
4.3.1 Unidad experimental.	42
4.3.2 Tratamientos	42
4.4 Establecimiento y manejo del experimento.	45
4.4.1 Prácticas culturales.	46
4.4.1.1 Siembra	46
4.4.1.2 Trasplante	47
4.4.1.3 Riegos	47
4.4.1.4 Podas	49

	Página
4.4.1.5 Control de plagas y enfermedades.	50
4.4.1.6 Cosecha	50
4.4.2 Soluciones nutritivas.	54
4.5 Variables evaluadas.	55
4.5.1 Variables Morfológicas.	55
4.5.2 Análisis nutrimental.	57
4.5.2.1 Análisis de fertilizantes fosforados.	57
4.5.2.2 Análisis vegetal.	58
5.- RESULTADOS Y DISCUSION	59
6.- CONCLUSIONES	81
7.- APENDICE	88
BIBLIOGRAFIA	101

INDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Figura		Pág.
1	Proporción del H_2PO_4^- y $\text{HPO}_4^{=}$ en relación al pH según Mengel and Kirkby (1982).	12
2	Croquis de localización de la F.E.S. - C. UNAM.	40
3	croquis del invernadero y distribución de las camas dentro del mismo, utilizado para el experimento de pepino en Cuautitlán Izcalli, México.	41
4	Densidad de siembra para pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes fuentes de fertilización fosforada.	48
5	Altura de planta (cm) de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) Poinsett 77, a tres etapas fenológicas, en hidroponía por sub-irrigación.	63
6	Rendimiento de materia seca (g) por órgano de la planta de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, en hidroponía por subirrigación.	65

Figura		Pág.
7	Rendimiento de corte de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes fuentes de fertilización fosforada	71
8	Extracción de fósforo (mg) por órgano de la planta de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, por muestreo, abastecido con diferentes fuentes de fertilización fosforada.	71
9	Extracción de fósforo total (mg) en pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes fuentes de fertilización fosforada.	78
CUADRO		Pág.
1	Fertilizantes fosforados y sus características.	29
2	Componentes del fertilizante Fosfato diamónico.	32
3	Características químicas del Fosfato diamónico.	32

Cuadro		Pág.
4	Características del fósforo y azufre que a porta el superfosfato de calcio simple.	34
5	Propiedades físicas y químicas del superfosfato de calcio simple.	34
6	Componentes para la elaboración del fertilizante triple 17.	36
7	Propiedades químicas de tres fuentes de fósforo.	37
8	Composición química de tres fuentes fertilizantes de fósforo.	38
9	Cantidad de nutrimentos (ppm) utilizadas en la solución nutritiva.	42
10	Fertilizantes empleados para determinar la respuesta del pepino (<u>Cucumis sativus L.</u>) C.V. Poinsett 77, a diferentes fertilizantes fosfatados, bajo el sistema hidropónico por subirrigación.	43
11	Principales plagas que atacan el cultivo del pepino, época de aparición y producto comercial para su control químico.	51

Cuadro

Pág.

- | | | |
|----|---|----|
| 12 | Principales enfermedades que atacan el cultivo de pepino, época de aparición y producto químico para su prevención. | 52 |
| 13 | Número de hojas totales por planta de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecidas con diferentes fuentes de fertilización fosforada. | 60 |
| 14 | Altura de planta (cm) de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77 abastecidas con diferentes fuentes de fertilización fosforada. | 62 |
| 15 | Rendimiento de materia seca (g) por órgano de la planta de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, con diferentes fuentes de fertilización fosforada. | 64 |
| 16 | Rendimiento de materia seca (g) de planta completa de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecida con diferentes fuentes de fertilización fosforada. | 67 |
| 17 | Rendimiento promedio por tratamiento de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecidas con diferentes fuentes de fertilización fosforada. | 70 |

Cuadro

Pág.

- | | | |
|----|---|----|
| 18 | Calidad de frutos de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecidas con diferentes fuentes de fertilización fosforada. | 72 |
| 19 | Extracción de fósforo (mg) por órgano de la planta de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes fuentes de fertilización fosforada. | 75 |
| 20 | Extracción de fósforo (mg) en planta entera de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes fuentes de fertilización fosforada. | 75 |
| 21 | Eficiencia de fósforo por tratamiento de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecidas con diferentes fuentes de fertilización fosforada. | 75 |

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

Cuadro		Pág.
1A	Coeficientes de correlación entre componentes de rendimiento para pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con triple 17.	89
2A	Coeficientes de correlación entre componentes de rendimiento para pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con superfosfato de calcio simple.	90
3A	Coeficiente de correlación entre componentes de rendimiento para pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con fosfato diamónico.	91
4A	Análisis de varianza para altura de planta de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes fuentes de fertilización fosforada.	92
5A	Análisis de varianza para número de hojas de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes fuentes de fertilización fosforada.	92

Cuadro		Pág.
6A	Análisis de varianza para materia seca total en hojas de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes fuentes de fertilización fosforada	93
7A	Análisis de varianza para materia seca total en tallos de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes fuentes de fertilización fosforada	93
8A	Análisis de varianza para materia seca total en fruto de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes fuentes de fertilización fosforada	94
9A	Análisis de varianza para rendimiento económico por tratamiento en pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes fuentes de fertilización fosforada.	95
10A	Análisis de varianza para extracción de fósforo en hojas de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C. V. Poinsett 77, abastecido con diferentes fuentes de fertilización fosforada.	94

Cuadro

Pág.

11A	Análisis de varianza para extracción de fósforo en tallo de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes fuentes de fertilización fosforada.	96
12A	Análisis de varianza para extracción de fósforo en fruto de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes fuentes de fertilización fosforada.	96
13A	Análisis de varianza para el contenido de fósforo en plantas de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, (primer muestreo), abastecidas con diferentes fuentes de fertilización fosforada.	97
14A	Análisis de varianza para el contenido de fósforo en plantas de pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, (segundo muestreo), abastecidas con diferentes fuentes de fertilización fosforada.	97
15A	Análisis de varianza para el contenido de fósforo en plantas de pepino (<u>Cucumis</u>	98

	<u>sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77 (tercer muestreo), abastecidas con diferentes fuentes de fertilización fosforada.	
16A	Fósforo extractable en agua de tres fertilizantes fosforados, con dos diferentes cantidades de fertilizantes.	99
17A	Concentración de fósforo estimado y fósforo soluble de tres Fuentes de Fertilización fosforada, para Pepino (<u>Cucumis sativus</u> L.) C.V. Poinsett 77, abastecidos con tres Fuentes de Fertilización Fosforada.	100

RESUMEN

El uso de fertilizantes comerciales para la elaboración de soluciones nutritivas, presenta problemas de solubilidad, disminuyendo la disponibilidad de nutrimentos en la solución y consecuentemente propicia problemas nutricionales afectando así el rendimiento de los cultivos. El objetivo de este trabajo, fue evaluar la solubilidad de tres fuentes de fósforo y su efecto sobre el rendimiento del cultivo de pepino. La presente investigación se realizó en la Facultad de Estudios Superiores - Cuautitlán, ubicada en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

El desarrollo experimental se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero, utilizando camas de 2.50 X 0.80 X 0.40m. empleando grava como sustrato y aporte hídrico por subirrigación con reciclamiento semanal de la solución nutritiva.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio con tres tratamientos y dos repeticiones. La solución nutritiva se basó en los intervalos mínimo, óptimo y máximo de iones presentes según Schwarz (1977).

Los parámetros evaluados fueron producción de materia seca en hoja, tallo y fruto, altura de

planta, número de hojas y frutos, peso promedio de frutos y extracción de fósforo por parte de la planta.

Los resultados indican que el fosfato diamónico produjo los más altos rendimientos, debido a su alta solubilidad y por elevar el contenido de amonio en la solución nutritiva; seguido del superfosfato de calcio simple y por último el triple 17.

En cuanto a materia seca para hoja, tallo y fruto, se presentó un comportamiento similar en los tres tratamientos; aunque el fosfato diamónico presentó los valores más elevados, seguido del triple 17 y finalmente el superfosfato de calcio simple.

Por lo que respecta a la extracción de fósforo para tallo y hoja, se encontró con el fosfato diamónico, no así en fruto, ya que la mejor respuesta se obtuvo con el superfosfato de calcio simple, seguido del triple 17 y al final el fosfato diamónico.

Del análisis estadístico, la media más alta para todos los componentes de rendimiento fue para el tratamiento con fosfato diamónico seguido del triple 17 y finalmente el superfosfato de calcio simple.

En cuanto al contenido de fósforo total en la planta entera las medias siguieron otro comportamiento, presentandola mayor acumulación el triple 17

en segundo término el superfosfato de calcio simple y por último el fosfato diamónico.

Al correlacionar los parámetros morfológicos, los resultados indican que no existe una correlación positiva entre el fósforo absorbido, respecto a su solubilidad, ya que a mayor solubilidad menor fue la absorción de fósforo por parte de la planta, esto para los tres tratamientos. Asimismo el rendimiento económico no se correlaciona con el contenido de fósforo en la planta, ya que el mayor rendimiento se obtuvo con las plantas que menos fósforo absorbieron.

El mayor rendimiento de los tres tratamientos se correlaciona con la solución nutritiva que presenta una proporción más alta de $N - NH_4^+$, siendo el fosfato diamónico el que más elevó esta proporción, seguido del triple 17 y finalmente el superfosfato de calcio simple. Finalmente con los datos obtenidos se elaboró un paquete tecnológico, en el que se describe los procedimientos a seguir para el cultivo de pepino en Hidroponía, empleando la técnica en grava por sub-irrigación

1. INTRODUCCION

La técnica de cultivo hidropónico ha sido utilizada desde hace mucho tiempo (1660) como una herramienta de trabajo para realizar investigaciones en el área de fisiología vegetal y dentro de ésta en particular en nutrición vegetal, sin llegar a usarla extensivamente como un sistema de producción agrícola. En áreas de baja precipitación pluvial, donde la profundidad del suelo es limitativa y la producción con el sistema de agricultura tradicional es mínima, el sistema hidropónico es una alternativa que tiene grandes perspectivas para incrementar la producción agrícola.

Actualmente la técnica hidropónica se usa como un sistema intensivo de producción en casi todo el mundo y México no es la excepción. En algunas universidades se trabaja a nivel de investigación y algunas empresas privadas emplean esta técnica en forma comercial en la producción de cultivos rentables (hortalizas, flores, etc.).

El empleo de fertilizantes comerciales para la elaboración de soluciones nutritivas se está generalizando, por su alto contenido de macronutrientes y su accesibilidad en el mercado, a diferen-

cia de las sales de tipo industrial que normalmente se recomendaban. El uso de fertilizantes presenta problemas de solubilidad, en algunos casos disminuyendo la disponibilidad de nutrimentos en la solución. Esto propicia problemas nutricionales, afectando los rendimientos tanto en calidad como en cantidad. Entre los fertilizantes que más problemas de solubilidad presentan al preparar las soluciones nutritivas se encuentran los fosfatados.

Existe poca información acerca del manejo y empleo de fertilizantes fosforados en la preparación de soluciones nutritivas, y dada su importancia en el mejoramiento de la calidad de la producción, el presente trabajo se enfoca a evaluar la solubilidad, manejo y efecto de fertilizantes fosfatados sobre el rendimiento del cultivo de pepino, bajo el sistema hidropónico en grava con riego por subirrigación.

2. OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1 OBJETIVOS

Evaluar la solubilidad de tres fuentes de fósforo y su efecto sobre el rendimiento del pepino (Cucumis sativus L).

Proporcionar un paquete tecnológico para la implementación del sistema hidropónico en grava.

2.2 HIPOTESIS

Las diferentes sales fosfatadas a utilizar se presentan el mismo grado de solubilización.

El crecimiento del pepino no se afecta con el tipo de fuente de fósforo utilizado.

3. REVISION DE LITERATURA

GENERALIDADES DEL PEPINO

El pepino tiene su origen en las regiones húmedas y tropicales de Asia, ha formado parte desde tiempo inmemorial de la alimentación de los pueblos orientales, (Guenkov, 1969; INIA, 1982) y de ahí se ha expandido a todo el mundo.

CARACTERISTICAS BOTANICAS

El pepino es una planta anual, rastrera o trepadora de ciclo vegetativo corto. Pertenece a la familia de las Cucurbitáceas y su nombre científico es Cucumis sativus L. Su sistema radicular es extenso y superficial, los tallos son herbáceos, angulares, vellosos y rastreros; presenta hojas en forma palmeada, lobuladas en cinco partes; en las axilas de las hojas brotan nuevos tallos y en cada nudo se desarrolla una hoja y un zarcillo. Las flores son unisexuales y la floración es monoica, es decir, en una misma planta suelen aparecer flores femeninas y flores masculinas: estas últimas se encuentran predominantemente en racimos axilares sobre pedicelos delgados, las flores femeninas son generalmente solitarias, axilares sobre pedúnculos rígidos. El fruto es una

baya de forma y tamaño variable, siendo globular, o blonga o alargada con pequeñas protuberancias irregulares, particularmente cuando es inmaduro; la pulpa es de color verde pálido con un gran número de semillas. Estas son planas, blanquecinas de 8 - 10 mm. de largo y de 3 - 5 mm. de ancho. (Guenkov, 1969; Serano, 1974; INJA, 1982).

GENERALIDADES DEL SISTEMA HIDROPONICO

La hidroponia (de hidros = agua y ponos = trabajo, labor) es un sistema de cultivo de plantas sin necesidad de que sean puestas a vegetar como es natural, en suelo común. La función del terreno que es la de abastecer agua, minerales y de anclar las plantas, éstas son desempeñadas por la solución nutritiva y por un sustrato inerte que permita el sostenimiento de las plantas (Durany C,V. 1977).

La solución nutritiva es una mezcla de diferentes sales disueltas en agua; éstas proporcionan a la planta los requerimientos nutricionales necesarios para su completo desarrollo y es aplicada en forma de riego bajo diferentes técnicas (subirrigación, goteo, superficial, percolación, etc.). En síntesis, se denominan cultivos hidropónicos a aquellos cultivos que se efectúan en un medio completamente artificial que está constituido por una solución nu

tritativa que se hace circular por las raíces de la planta - las cuales pueden estar sostenidas por un sustrato sólido inerte y poroso o por la misma solución nutritiva - y de esta manera nutriéndolas con las sales disueltas en ella.

La técnica de cultivo hidropónico en grava con un sistema de riego por subirrigación, utilizada en el presente experimento, ha sido descrita por Resh de la siguiente manera. En casi todos los cultivos en grava se utilizan sistemas por subirrigación. Esto es, la solución nutritiva se bombea a las bancadas a través de un tubo que se ubica en la parte inferior y que corre a lo largo del mismo, proporcionando de esta manera una distribución más uniforme a la solución nutritiva; además, proporciona una mayor cantidad de oxígeno, elimina gases tóxicos a las raíces, mejorando la absorción de nutrimentos. Resh M, H. (1982) señala que un sistema de riego por subirrigación expulsa el aire con el dióxido de carbono producto de la respiración de las raíces y se succiona-aire fresco con un 21% de oxígeno al momento del drenado de la solución.

El número de riegos y su frecuencia bajo la técnica de subirrigación en grava depende del cultivo, su etapa fenológica, la retención de humedad del sustrato y la temperatura., En general, el núme

ro de riegos que mejor resultado han tenido es de tres, el cual puede disminuirse a dos cuando las condiciones así lo permitan; estos riegos deberán realizarse durante todo el ciclo de cultivo. Los horarios de riego pueden ser variables, aunque Rodríguez(1986) menciona, en los trabajos que se han realizado en la Unidad de Investigaciones Hidropónicas "Tomatl", que el mejor horario es de las 9:00 h. para el primer riego, a las 12:00 h. el segundo y el tercero a las 14:20 h.

PREPARACION DE SOLUCIONES NUTRITIVAS

La metodología que se utiliza para elaborar soluciones nutritivas se basa en la reacción fisiológica que tienen las sales con respecto a la planta. Penningsfeld y Kurzmann (1983) sugieren disolver las sales por separado para después mezclar las en el depósito de la solución, agregando primero las de reacción ácida y enseguida las de reacción neutra, y al final las de reacción alcalina. Previo a la mezcla de sales en el depósito es necesario medir y ajustar el pH del agua, para que no se altere la composición química de la solución, Sánchez y Escalante (1983) y Resh M,H. (1982) recomiendan que al terminar de agregar todas las sales que contengan los macronutrientes se apliquen todos los micronutrientes previamente disueltos en agua.

El empleo de sales fertilizantes para la elaboración de soluciones nutritivas presenta ciertos problemas, por la baja solubilidad que presentan algunos de ellos, especialmente los fosforados. Resh (1982) recomienda el uso de superfosfatos por su baja solubilidad, sólo para preparaciones en seco pero no para soluciones nutritivas; para éstas últimas recomienda el fosfato monopotásico.

En México, existen en el mercado cuatro tipos de fertilizantes fosforados a saber: superfosfato de calcio simple, superfosfato de calcio triple, triple 17 y fosfato diamónico. Estos fertilizantes presentan diferencias en cuanto a solubilidad y concentración, así como diferencias en los iones acompañantes. Por éste último aspecto pueden presentarse cambios en la composición química de la solución nutritiva (proporción de $N - NO_3^- / N - NH_4^+$) que algunos de los fertilizantes fosforados alteran (principalmente el triple 17 y el fosfato diamónico) y consecuentemente afectan la respuesta del cultivo.

NUTRICION MINERAL

El consumo de nutrimentos por el cultivo de pepino ha sido estudiado, ampliamente tanto en el sistema tradicional (Anstett, 1967) como en hidropnía (Attar, 1976; Milleti, 1969) reportándose valo

res de consumo de agua y nutrimentos poco homogéneos, debido a la utilización de diferentes métodos para el cálculo de los mismos.

Entre los elementos esenciales que se encuentran en la planta, el fósforo juega un papel muy importante en un gran número de procesos metabólicos (Cronquist, 1977; Lamb, 1967); las plantas mantienen normalmente una alta concentración de fosfatos y presentan los niveles más altos en células que tienen una elevada actividad metabólica.

El fósforo es necesario para la división celular y consecuentemente en todas las fases de desarrollo de la planta. Como adenosín trifosfato(ATP) y otros productos fosforilados está involucrado en casi todas las reacciones de síntesis de la célula (Cronquist, 1977; Lamb, 1967; Sánchez y Escalante, 1983). Está ligado a los fosfatídios, los nucleótidos, enzimas y fitina; además, juega un papel importante en la transferencia de energía, respiración y fotosíntesis. Es también un constituyente de muchos compuestos orgánicos en las plantas como las proteínas. Adecuadas cantidades de fósforo resultan en un rápido crecimiento y madurez más temprana del vegetal.

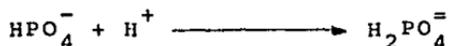
El fósforo se presenta en los suelos casi exclusivamente en forma de ortofosfato. El contenido

total en el suelo están en el intervalo de 0.02 a 0.15%. Una cantidad bastante importante de este fósforo está asociado con la materia orgánica del suelo (Williams, 1959) y en suelos minerales la proporción de fósforo orgánico está entre el 20 y 80% del fósforo total (Mengel and Kirkby, 1982).

Mengel and Kirkby (1982) consideran, desde el punto de vista de la nutrición de las plantas, tres fracciones de fósforo en el suelo. La primera fracción es el fósforo disuelto en la solución del suelo, la segunda fracción es el fósforo sólido que es mantenido en la superficie de las partículas del suelo, de modo que puede entrar en rápido equilibrio con el fósforo de la solución y la tercera fracción es el fósforo insoluble; el fósforo de esta fracción puede ser liberado muy lentamente hacia la fracción de fósforo sólido.

La cantidad de fósforo presente en la solución del suelo es baja en comparación del fósforo absorbido; éste último excede al fósforo de la solución del suelo por un factor de 10^2 a 10^3 . La concentración de fósforo en la solución del suelo de un suelo fértil es de casi 10^{-5} a 10^{-4} (Mengel et al, 1986; Hossner et al, 1973), esto es equivalente a casi 0.3 - 3 ppm de P. Este nutrimento es absorbido por las plantas principalmente como ión ortofosfato ($H_2PO_4^-$) y piro

fosfato (HPO_4^-). La proporción de estos iones en la solución del suelo es dependiente del pH, ya que altas concentraciones de H^+ cambian el equilibrio a la forma más protonada de acuerdo a la siguiente ecuación:



Mengel y Kirkby (1982) y Steiner (1984) indican que a un pH de 5 el HPO_4^- está casi ausente, mientras que a un pH de 7 ambos iones de fosfato están presentes en igual proporción como se muestra en la (Figura 1).

El mecanismo por el cual es transportado de la solución del suelo a las raíces de la planta es en alto porcentaje por difusión (Mengel and Kirkby, 1982) pero en hidroponia también es transportado por medio de flujo de masas, por encontrarse los nutrientes en solución (Alcalde, citado por Rodríguez. 1986).

El fósforo absorbido por las células es utilizado rápidamente en los procesos metabólicos. Jackson and Hagen (1960) reportan que después de un período de 10 minutos posteriores,

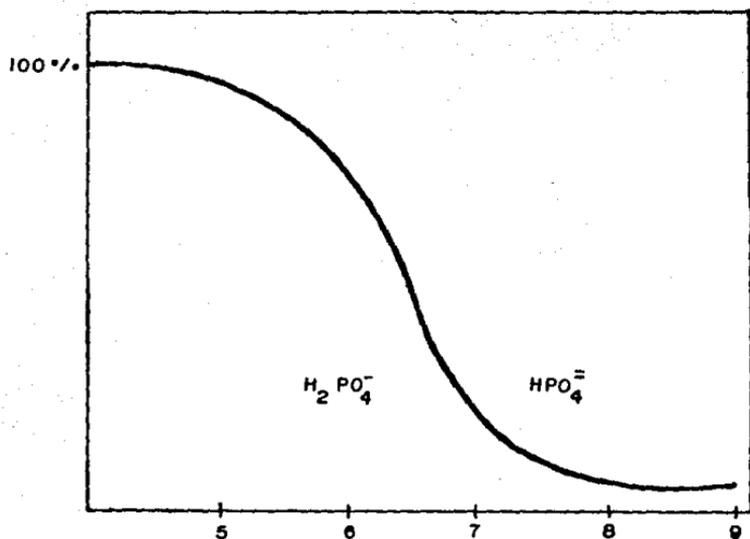


Figura 1 Proporción del $H_2PO_4^-$ y $HPO_4^{=}$ en relación al PH según Mengel y Kirkby (1982)

A la absorción, el 80% del fósforo absorbido es incorporado a compuestos orgánicos principalmente como, hexosafosfato y uridina difosfato.

Indican que aproximadamente el 75% del fósforo contenido en la planta es absorbido cuando ésta alcanza apenas el 25% de su peso total. Así mismo, la concentración de fósforo dentro de la planta es de 0.3 a 0.5% en base a materia seca (Mengel and Kirkby, 1982), aunque varía según el estado fenológico y el órgano de la planta analizado. Es posible encontrar una concentración más elevada de fósforo en las plantas y órganos jóvenes, que en los de mayor edad, debido al efecto de dilución que provoca el crecimiento vegetativo (Mengel and Kirkby, 1982; Selmer and Gislerød, 1980).

Chapman (1966), Lorenz and Tyler (1978) y Daudescu and Davicessew (1982) han determinado el órgano y estado fenológico de la planta de pepino, que debe ser analizada y el rango de concentración óptimo en porcentaje de fósforo en los mismos, quedando resumidos de la siguiente manera:

	Tiempo de muestreo	Parte muestreada	Concentración(%) en base a m. s.
P	7-10 días despues de la siembra	toda la planta	0.45-0.70+
PO ₄	3-8 hojas	Savia del pe - cíolo de la ho - ja más jóven	0.014-0.030+
	Mitad de - floración	Pecíolo de la - hoja más jóven	0.040-0.050+
	Fructifi - cación	Savia del pe - cíolo de la ho - ja más jóven	0.030 ++
	Fruto pre - sente en - la hoja - número -- seis	Pecíolo de la - hoja más jóven	0.75 +++

+ Chapman (1966), ++ Daudescu and Davicessew (1982), +++Lorenz and Tyler (1978).

Dentro de la planta, los fosfatos se encuentran en forma inorgánica, como ortofosfatos ($H_2PO_4^-$) y en menor cantidad como pirofosfatos (HPO_4^{2-}); la proporción del fósforo inorgánico sobre el fósfo

ro total es mayor en las hojas más maduras, y las hojas más jóvenes contienen cantidades relativamente más altas de fósforo inorgánico, predominantemente en forma de ácidos nucleicos (Mengel and Kirkby, 1982).

El fósforo se mueve fácilmente dentro de la planta y puede ser traslocado en dirección acropétala y basipétala. Clarkson et. al, (1968) encontró, que el fósforo tomado por segmentos basales de raíz de plantas de cebada fue traslocado a las puntas de raíz así como a las partes más altas de la planta. Las hojas más jóvenes son abastecidas no solo por el fosfato tomado por las raíces, sino también con fósforo que proviene de las hojas más maduras (Bouma, 1976). En experimentos con alforfón en solución nutritiva, Morard (1970) observó que el fósforo fue traslocado inicialmente a las hojas más jóvenes, después de algunos días, sin embargo, ocurrió una traslocación y el fósforo fue parcialmente transportado a las hojas más maduras. Este movimiento basipétalo se presenta principalmente en el floema. Maizel et al., (1956) sugieren que la fosforilcolina es el principal acarreador de fósforo en el transporte del floema y datos más recientes de Hall and Baker (1972) muestran que el fósforo inorgánico también está presente en la savia del floema en concentraciones substanciales, indicando de ese modo que el fósforo inorgánico juega un papel en

el transporte en el floema.

Las formas orgánicas de fósforo en la planta, son compuestos en los que el ortofosfato es esterificado con grupos hidroxil de azúcares y alcoholes o enlazadas por un enlace pirofosfato a otro grupo fosfato.

Según las observaciones de Mengel and Kirkby (1982), parece que la única función del fósforo en el metabolismo es la formación de enlaces pirofosfato que permiten la transferencia de energía, ejemplos de ellos son: La uridina trifosfato (UTP) que es requerida para la síntesis de sacarosa y callosa, la citidina trifosfato (CTP) es requerida para la síntesis de fosfolípidos y la guanosina trifosfato (GTP) para la formación de celulosa. Estos tres compuestos son análogos al adenosín trifosfato (ATP).

RELACIONES DEL FOSFORO CON OTROS NUTRIMENTOS.

La nutrición de las plantas es un proceso complejo, en donde el efecto que tiene un determinado nutrimento no es independiente, sino que depende de factores endógenos y exógenos del vegetal. De los factores endógenos, el efecto de un nutrimento va a depender del balance iónico interno del vegetal, de la etapa fenológica, del órgano de que se trate y tam

bién del estado nutricional de la planta. Es decir, el vegetal es un ser vivo en el cual todas sus partes actúan en forma integral a una presión dada (Velázquez, comunicación personal, 1988).

Steiner (1973) concluye a partir de experimentos con relaciones mutuas de absorción de iones, que éstas cambian significativamente durante la vida de la planta. Señala, que las plantas más jóvenes de tomate absorben una proporción mayor de nitratos en relación a los otros aniones, que las plantas maduras. El decremento relativo de absorción de nitratos durante el ciclo de vida de la planta está a favor de una absorción de fósforo y azufre.

La absorción de fósforo se incrementa de un 5 a casi un 20%.

Lamb (1967), observó en cebada, que una deficiencia de fósforo presentó poco efecto sobre la respiración, pero la asimilación neta fue incrementada ligeramente; también resultó en un nivel menor de proteínas en las hojas y un incremento correspondiente al contenido de nitrógeno en forma de amino y especialmente de amidas; la iniciación de tallos fue baja cuando el nitrógeno y el fósforo se presentaron en bajo niveles y ligeramente más elevado cuando el potasio estuvo deficiente. De lo anterior se deduce que existe una fuerte interacción del nitrógeno, po

tasio y fósforo en la respiración, en el metabolismo del nitrógeno y en el de los carbohidratos.

Milleti (1969) trabajando con pepino, dividió teóricamente el ciclo de vida del cultivo en tres estados y observó la absorción en cada uno de ellos. En el primer estado que parte de la siembra al inicio de la producción, observó una mayor absorción de fósforo y calcio con respecto a los macronutrimentos y estableció una relación de nitrógeno, fósforo y potasio de 1 : 2 : 1 para este estado. En la segunda etapa, que es la de producción, la absorción de fósforo disminuyó, pero aumentó la de potasio y magnesio, mientras que el calcio permaneció constante y la relación N : P : K, cambió a 1 : 1.5 : 3 . En el tercer estado o etapa de senescencia, observó una disminución en la absorción de N y P mientras que la absorción de K y Ca permanecieron relativamente altas; la relación N : P : K, que estableció en este estado fué de 1 : 2 : 2.

Se podría afirmar en base a dichos resultados, que la absorción de calcio es alta durante todo el ciclo; para el fósforo al inicio de la producción y durante el período que antecede al estado de senescencia, para potasio desde el inicio de la producción mientras que la absorción del nitrógeno es baja con respecto a los otros macronutrientes durante todo

do el ciclo de vida de la planta.

Al hacer el análisis vegetal del contenido de nutrimentos en la planta, Milleti (1969) observó que el potasio y el calcio tendieron a acumularse mientras que el fósforo y el nitrógeno permanecieron más o menos constantes, sin embargo, cuando analizó el fruto encontró exactamente lo contrario.

Attar (1976) observó en un experimento con pepino, al probar varias relaciones entre los aniones de una solución nutritiva, que las interacciones más importantes fueron nitrógeno / fósforo / cloro / y azufre / fósforo / cloro. Aplicaciones en altas concentraciones de nitrógeno y fósforo en la solución nutritiva promovieron el rendimiento cuando fueron aplicadas en grandes cantidades.

La aplicación de nitrógeno incrementó el rendimiento en todos los niveles de azufre (8 meq) y fósforo (2 meq); la aplicación de azufre disminuyó drásticamente el rendimiento a niveles altos de nitrógeno (8 meq) y fósforo (2 meq), mientras que lo incrementó ligeramente en otros niveles (2 meq N y 2 meq S; 8 meq N, 2 meq S; 8 meq N y 8 meq S). La concentración de los aniones en las interacciones más importantes que encontró Attar (1976) para máximos rendimientos fueron: N-8 meq, P-8 meq, S-2 meq, y Cl - 2 meq.

El fósforo también presenta interacciones con los micronutrientes, provocando alteraciones en la disponibilidad de ellos, como en el caso del hierro, en el que la planta presenta deficiencias cuando el fósforo se encuentra en exceso. Lo mismo sucede con el Zinc cuando se aplican grandes concentraciones de fósforo, aunque pase lo contrario con el Molibdeno, ya que la planta incrementa su absorción cuando la concentración de fósforo es alta en la solución (Lamb, 1967 y Rodríguez, 1974).

El aluminio presenta interacciones con el fósforo como lo reportan Robson and Snowball (1986). Cuando existen grandes cantidades de aluminio, aparecen síntomas de deficiencia similares a los que corresponden a fósforo, lo cual refleja un impedimento en la absorción y metabolismo de éste último.

En experimentos con cultivos en solución, Loneragan and Asher (1967), encontraron que tasas de absorción de fósforo muy altas estuvieron asociadas con tasas de crecimiento reducidas. En algunas especies de plantas (Frodium, trébol, pasto plata) tales efectos pueden ser dependientes del retardo en la absorción y translocación de algunos nutrientes incluyendo el Zn, Fe, y Cu.

Como se mencionó, los factores físicos y

entre ellos los ambientales, como la intensidad de la luz, longitud del día, temperatura del aire y el medio de la raíz, tienen efectos sobre el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas.

Steiner (1973) encontró, que cuando se aumenta la cantidad de la luz, la absorción de fósforo no cambia significativamente, no obstante, observó cambios en la absorción de otros nutrimentos. Cuando comparó dos temperaturas del aire, observó que no hubo ningún cambio en la absorción de aniones pero sí en la absorción de cationes. También investigó la influencia de la presión osmótica, concluyendo que al aumentar ésta en la solución nutritiva, se presentó una mayor absorción de fósforo y potasio. En un experimento con tomate, Adams and Massey (1984) observaron que la absorción de fósforo está relacionada con el agua, aumentando el doble durante el verano (agosto), en comparación con el invierno (febrero).

En un trabajo sobre nutrición fosforada de Stylosanthes humilis, Fisher (1980) encontró que la concentración de fósforo en tallos se redujo de 0.20 a 0.8 %, debido a la presión hídrica durante el inicio de la etapa de crecimiento vegetativo y de un 0.22 a 0.15 % al final de esta misma etapa. Cuando la presión de agua fue elevada, las concentraciones de fósforo se recobraron a niveles similares de aque

llas plantas mantenidas con humedad adecuada.

SINTOMAS DE DEFICIENCIA

Los síntomas de deficiencia se desarrollan en el interior de la células de las plantas y sus características dependen de la función y de la movilidad de los nutrimentos deficitarios.

El patrón de distribución de los síntomas de deficiencia es simétrico en las plantas. Son típicas para cada nutrimento y es posible hacer un diagnóstico sobre su origen a partir de su apariencia y el desarrollo del sintoma. El desarrollo de los síntomas de deficiencia pueden ser dividido en etapas (Rodríguez, (1974).

Lo primero que sucede, debe ser, que una reacción fisiológica para el desarrollo de una célula u órgano celular se interrumpe porque un ión esencial para esta reacción se encuentra ausente. Una sustancia no se producirá en suficientes cantidades para la formación de nuevas sustancias de la planta por lo que, la primera reacción de la planta será un crecimiento retardado o bien éste se paraliza. Durante esta etapa, el desarrollo de los síntomas no son reconocibles y no aparecen signos visuales. Sin embargo, mediante el microscopio es posible observar

desórdenes en los tejidos, deformaciones de células u organelos y se puede apreciar que algunas células perecen por colapso o autólitosis.

Cuando la situación de deficiencia se mantiene más y más células son dañadas, mueren y el área de células dañadas crece. El primer signo visible aparece. En esta etapa de desarrollo de los síntomas, la planta está perturbada en más de una reacción. Los tejidos se enriquecen con otros nutrientes que no pueden ser usados en un crecimiento posterior. La fisiología del desarrollo y la formación de sustancias en las plantas puede invertirse. A medida que más células son dañadas, los síntomas se hacen visibles y aparecen nuevos síntomas inducidos por el síntoma original y los parásitos comienzan a destruir la planta; como resultado, los síntomas se convierten en un síndrome, un conjunto de síntomas. El final de esta etapa es la muerte de la planta.

DEFICIENCIAS DE FOSFORO

De acuerdo con las funciones que cumple el fósforo dentro de la planta, los síntomas de deficiencia que cabría esperar de acuerdo a Rodríguez (1974) son:

a) Rápida muerte de la planta debido a que las membranas de las células no pueden trabajar sin

fosfatidios, la semipermeabilidad se destruye y los componentes celulares se mezclan unos con otros y con la solución que rodea a la célula.

b) Cambios en el metabolismo debido a que los mensajes del núcleo serán transmitidos irregularmente.

c) Parálisis de la respiración y acumulación de carbohidratos en las células.

Pero nada de ésto se observa, no aparece el agua embebiendo los tejidos debido a la destrucción de las membranas, el mecanismo de información parece normal, las reacciones enzimáticas continúan mientras que la respiración aumenta.

En general, los síntomas que se observan en plantas deficientes muestran una reducción en su desarrollo, los tallos son delgados con pocas ramificaciones, las hojas son pequeñas, la floración es reducida y el ciclo vegetativo se prolonga, el color de las plantas deficientes es a veces amarillento, otras veces verde azulado y aún en otras puede ser rojiza. El fósforo es un elemento móvil dentro de las plantas por lo que los primeros síntomas se presentan en las hojas maduras (Ishizuka, 1978; Unión Carbide, 1983).

Resh (1982), reporta los síntomas de defi

ciencia en pepino como una disminución en el crecimiento, en casos severos las hojas jóvenes son pequeñas, duras y de color verde oscuro, en las hojas más maduras y en cotiledones se presentan burbujas acusadas en las nervaduras y en las zonas intervenales. Se presenta una decoloración en las hojas afectadas, así mismo, aparece un punteado que con el tiempo se torna pardo y se seca, arrugando toda la hoja a excepción del pecíolo. La formación de frutos y semillas se ve frecuentemente afectada por una deficiencia de fósforo (Schwarz, 1977; Mengel and Kirkby, 1982). De este modo, resultan bajos rendimientos con pobre calidad de frutos y semillas.

SINTOMAS DE TOXICIDAD

Los síntomas de toxicidad son causados por factores que provienen del interior de la planta y se encuentran relacionados con la corriente de transpiración y con la concentración de la sustancia tóxica; ésta puede ser un nutriente o cualquier otra sustancia, por ejemplo, iones inorgánicos o moléculas orgánicas. Los síntomas de toxicidad muestran una distribución en la superficie de los tejidos de las plantas casi simétrico, pero no presentan un modelo típico de distribución según su origen.

Los efectos de la toxicidad pueden ser di

rectos o indirectos (Rodríguez, 1974). El efecto directo, tiene lugar cuando una sal o cualquier otra substancia con un efecto osmótico llega a una célula en una concentración tan alta que produce una plasmólisis y la célula muere; también el efecto absoluto de la concentración puede producir el bloqueo de reacciones enzimáticas o la coagulación de las proteínas por metales pesados.

El desarrollo de la sintomatología producida por el efecto indirecto de la toxicidad de diferentes nutrimentos o substancias, pasa por distintas etapas:

En la primera etapa existe un consumo de flujo en el cual puede haber una mejora en la calidad y cantidad de rendimiento. En la segunda, la substancia tóxica se acumula y disminuye el crecimiento aunque no presenta síntomas visuales. En la tercera etapa se observa una clorosis, por la destrucción de clorofila. En la cuarta etapa la substancia tóxica es transportada por la corriente de transpiración hacia las áreas que requieren un mayor suministro de agua, de esta forma aparecen los síntomas en los ápices y bordes de las hojas viejas. Cuando las concentraciones de la substancia tóxica son muy altas, pasan de los tejidos conductores a las células vivas del mesófilo, las que mueren inmediatamente y los

síntomas se caracterizan por una necrosis alrededor de las venas.

En casos en que la concentración de la substancia tóxica, se sigue elevando, ésta ya no alcanza a distribuirse en la hoja y se producen necrosis en el pecíolo y en el tallo en forma de manchas, y por último las raíces morirán cuando la concentración de la substancia tóxica sea tan alta que las células de la raíz ya no la toleran y la planta muere.

Los síntomas señalados, no se encuentran claramente delimitados y del estado normal puede pa sar directamente a cualquier etapa del desarrollo de la toxicidad. Por otro lado, el efecto indirecto de la toxicidad se debe a que la alta concentración de la substancia tóxica, compita ventajosamente con o tros nutrimentos y como consecuencia de los antagonis mos entre ellos, presentan una sintomatología de una deficiencia inducida. Dentro de los elementos que pro ducen efectos indirectos de toxicidad están el K, Ca, Mg, P, S.

TOXICIDAD DE FOSFORO

La toxicidad de fósforo en pepino parece te ner un efecto indirecto, ocasionando una clórosis in tervenal en las hojas más jóvenes, y esta puede pare

cerse a una deficiencia de fierro, avanzando a necrosis y muerte de las puntas, chamuscado marginal y caída de las hojas maduras. (Robson and Snowball, 1986; Schwarz, 1977). Rodríguez (1974) indica que un exceso de fósforo (HPO_4^-) induce deficiencias de calcio, fierro y zinc por el efecto de cambios metabólicos en la planta.

FERTILIZANTES FOSFORADOS

Los fertilizantes fosforados que son usados actualmente en el mundo, difieren en su composición química y solubilidad (Cuadro 1). En México, existen en el mercado cuatro diferentes fertilizantes fosforados: Superfosfato de calcio simple, superfosfato de calcio triple, Fosfato diamónico y triple 17. A continuación se presentan algunas características de los fertilizantes empleados en el presente trabajo.

A) Fosfato diamónico. El fosfato diamónico que se fabrica en el país, se obtiene al hacer reaccionar el ácido fosfórico con el amonio.



El producto resultante se presenta en forma granulada de color gris oscuro, presentando una apariencia al superfosfato de calcio triple; debido a

Cuadro 1 Fertilizantes fosforados y sus características.

Nombre	Composición química	Solubilidad	Contenido de P_2O_5 %
Superfosfato de calcio simple	$Ca (H_2PO_4)_2 + CaSO_4$	soluble en agua	12 - 22
Superfosfato de calcio triple	$Ca (H_2PO_4)_2$	soluble en agua	46 - 47
Fosfato monoamónico	$NH_4H_2PO_4$	soluble en agua	48 - 50
Fosfato diamónico	$(NH_4)_2HPO_4$	soluble en agua	54
Escorias básicas (escorias Thomas)	$Ca_3P_2O_8 \cdot CaO=CaO \cdot SiO_2$	soluble en ácido cítrico	10 - 22
Incrustaciones de fósforo (tipo Rhenania)	$CaNaP_4^0 \cdot CaSiO_4$	soluble en citrato de amonio	25 - 29
Roca fosfórica	Apatita	soluble en ácido cítrico	20
Fosfato magnésico fundido.	Fosfato de Ca y Mg	soluble en ácido cítrico	20

Fuente: Mengel and Kirkby (1982)

las impurezas de las materias primas, El fosfato diamónico nacional contiene 18% de nitrógeno y 46% de fósforo en lugar del 21 y 54% de nitrógeno y fósforo respectivamente que tienen los fertilizantes de otros países por lo que también se le conoce como 18 - 46 00.

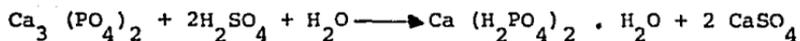
Algunas de sus propiedades son:

- a) Peso específico: 50 g/cm^3
- b) El nitrógeno se presenta en forma moniacal (NH_4^+) y el fósforo es altamente soluble en agua.
- c) Es altamente compatible con todos los fertilizantes de uso agrícola.
- d) Presenta un índice de salinidad de 34.2%
- e) Un pH de solución de 8.0 (CECADEP, 1984).
- f) Como compuesto puro presenta una solubilidad de 575g a 30°C

En el Cuadro 2 se presentan los componentes del fosfato diamónico para su elaboración; así mismo, en el cuadro 3, se presentan las características químicas del fosfato diamónico.

B) Superfosfato de calcio simple.

Se obtiene a partir de la reacción del ácido sulfúrico con la roca fosfórica, del cual se obtienen fosfatos más solubles que los del compuesto original. La reacción fundamental para la fabricación del superfosfato del calcio simple es la siguiente:



Esta reacción simplificada muestra que el ortofosfato tricálcico proveniente de la roca fosfórica (fluorapatita $3(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) \cdot \text{CaF}_2$) la cual tiene una solubilidad muy baja, se transforma en ortofosfato monocálcico, casi totalmente soluble en agua y en sulfato de calcio con desprendimiento de ácido fluorhídrico gaseoso (no indicado en la reacción de la ecuación). El superfosfato de calcio simple contiene regularmente de 18 a 21% de P_2O_5 aprovechable, del cual el 85% es soluble en agua y el 15% soluble en citrato de amonio. Es un fertilizante sólido el cual se pulveriza por medios mecánicos después de su fa

Cuadro 2 Componentes del fertilizante Fosfato diamónico utilizados para su elaboración

%	Componente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	agua
85.55	Acido fosfórico (54% de P ₂ C ₅ ; 8% imp. ; 17.3 % de agua; 0.98 % de S.	0	46.2	0	0.83	14.8
19.94	Amoniaco (82 % N.; 0.5% de agua).	16.35	0	0	0	0.1
5.14	Nitrato de amonio (35% de N).	1.80	0	0	0	0
4.27	Material inerte	0	0	0	0	0
114.90	Total					
14.90	agua pérdida en la elab.					
100.00	Fuente: Garcidueñas (1988), Comunicación personal.					

Cuadro 3 Características químicas del Fosfato Diamónico

	% Mínimo	% Máximo
Agua libre	-	1.8
N-NH ₄ (como N.)	17.5	
P asimilable (P ₂ O ₅)	45.5	
P asimilable (P)	19.8	
P soluble en agua (P ₂ O ₅)	45.5	
P soluble en agua (P)	19.8	

Fuente: Garcidueñas (1988)., Comunicación personal

bricación, permaneciendo en reposo por un período de varias semanas para su "curado", durante el cual se completan las reacciones entre el ácido sulfúrico y el fosfato tricálcico. El producto final es poco higroscópico y a medida que pasa el tiempo tiende a formar terrones de consistencia dura; para fines prácticos puede considerarse que el superfosfato de calcio contiene 50% de fosfato monocálcico y el 50% de sulfato de calcio.

Las características químicas de los elementos que aporta el fertilizante y sus propiedades físicas y químicas se describen en los Cuadros 4 y 5 .

c) Triple 17

El fertilizante triple 17, es un producto en el que sus componentes (Cuadro 6) se han mezclado mediante un proceso químico y no es posible identificar cada uno de ellos. El triple 17 y otras fórmulas complejas similares, son fertilizantes en forma de gránulos que contienen macronutrientes importantes (N, P y K), en una concentración del 17% para cada uno de ellos y en menor cantidad pueden contener azufre, calcio, magnesio y micronutrientes como B, Cu, Fe, Mn, Mo, y Zn en concentraciones variables.

El nitrógeno se encuentra en forma amoniacal, el fósforo es 100% soluble en agua y el potasio está

Cuadro 4 Características del fósforo y azufre que aporta el Superfosfato de Calcio Simple

	% Mínimo	% Máximo
Agua	-	8.0
Fósforo soluble en agua (P_2O_5)	17.0	
Fósforo soluble en agua (P)	7.4	
Fósforo asimilable (P_2O_5)	18.5	
Fósforo asimilable (P)	8.1	
Azufre (S)	12.0	

Fuente: Garcidueñas (1988), Comunicación Personal

Cuadro 5 Propiedades físicas y químicas del Superfosfato de Calcio Simple

Propiedad	Características
Fórmula del superfosfato de calcio puro	$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$
Peso molecular	254.17
Densidad	2.22
Solubilidad	18 g l a 30°C
pH de la solución concentrada	1.0
Índice relativo de sales	7.8 - 19.1%
Es altamente compatible con los de más fertilizantes de uso agrícola.	

Fuente: Garcidueñas (1988), Comunicación Personal

presente en forma de cloruro, por lo que contiene una buena cantidad de cloro y que en un momento dado puede ser perjudicial para algunos cultivos. En los Cuadros 7 y 8 se presentan las propiedades y composición de las tres fuentes de fósforo respectivamente.

Cuadro 6 Componentes para la elaboración del Fertilizante Triple 17

%	Componente	N	P_2O_5	K_2O	Cl	H_2O
31.85	ácido fosfórico (54% P_2O_5 , 8% 17.3 de H_2SO_4),	0	17.2	0	0	5.51
7.90	amoníaco (82% N, 0.5% de agua).	6.48	0	0	0	0.04
30.50	nitrate de amonio (35% de N).	10.68	0	0	0	0
28.40	cloruro de potasio (60% K_2O 45.5% Cl).	0	0	17.04	12.92	0
0.91	Material inerte	0	0	0	0	0
105.56	Total	17.16	17.2	17.04	12.92	5.55
5.56	Agua perdida en la elaboración					

Fuente: Garciadueñas (1988), Comunicación Personal.

Cuadro 7 Propiedades químicas de Tres Fuentes de Fósforo

Fuente	Peso Molecular	Contenido aprox. en % del nutrim. (correc. imp. usuales).	Fisiología Acido o base	Relación Solvente/ Soluta
Fosfato diamónico				
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	132.07	12 - N 22 - P	Acido	1 : 2
Superfosfato de calcio simple				
$3 \text{ Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$				
$\text{H}_2\text{O} + 7 \text{ CaSO}_4$	254.17	8.6 - P 20.35 - Ca	Acido	1 : 400
Triple 17		17 - N ; 17 - P ; 17 - K		

Fuente: Schwarz (1977), y Garcidueñas (1988), Comunicación Personal

Cuadro 8 Composición química de Tres Fuentes Fertilizantes de Fósforo

Fertilizante	N	P	K	Cl	S	Mg	Cl	Zn
%								
Fosfato diamónico	16 - 21	48 - 53	0	0	0	0	0	0
Superfosfato de calcio simple	0	18 - 20	0.2	20.4	11.9	0.2	0.3	0,01
Triple 17	17	17	17				variable	

4 MATERIALES Y METODOS

4. 1 LOCALIZACION DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se realizó en un invernadero de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, ubicada en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México. (Figura 2)

El clima, de acuerdo a García (1981) en su modificación a Köppen, es del tipo Cw, templado con temperatura media anual de 15.7°C, siendo el mes más frío enero (-0.5°C) y el mes más caliente mayo (27.3°C) el régimen de lluvias es en verano y la precipitación media anual es de 605 mm, siendo el mes más lluvioso julio (128.92mm) y febrero el mes más seco (3.8 mm.)

4.2 CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION

El invernadero cuenta con un área total de 42 m², de la cual 12 m² se encuentran ocupados por seis camas con las siguientes dimensiones: 2.50 X 0.80 X 0.40 m. Cada cama dispone de un depósito de almacenamiento para la solución nutritiva con capacidad de 100 lts. (Figura 3).

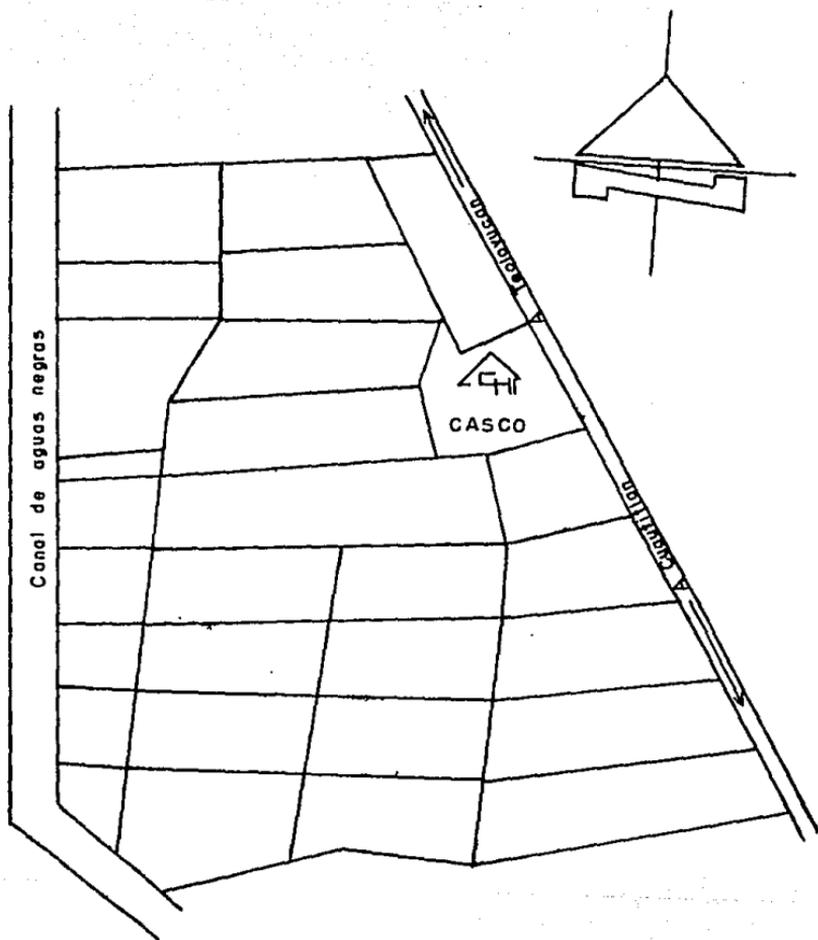


Figura 2 Croquis de localización de la F.E.S. - C. UNAM.

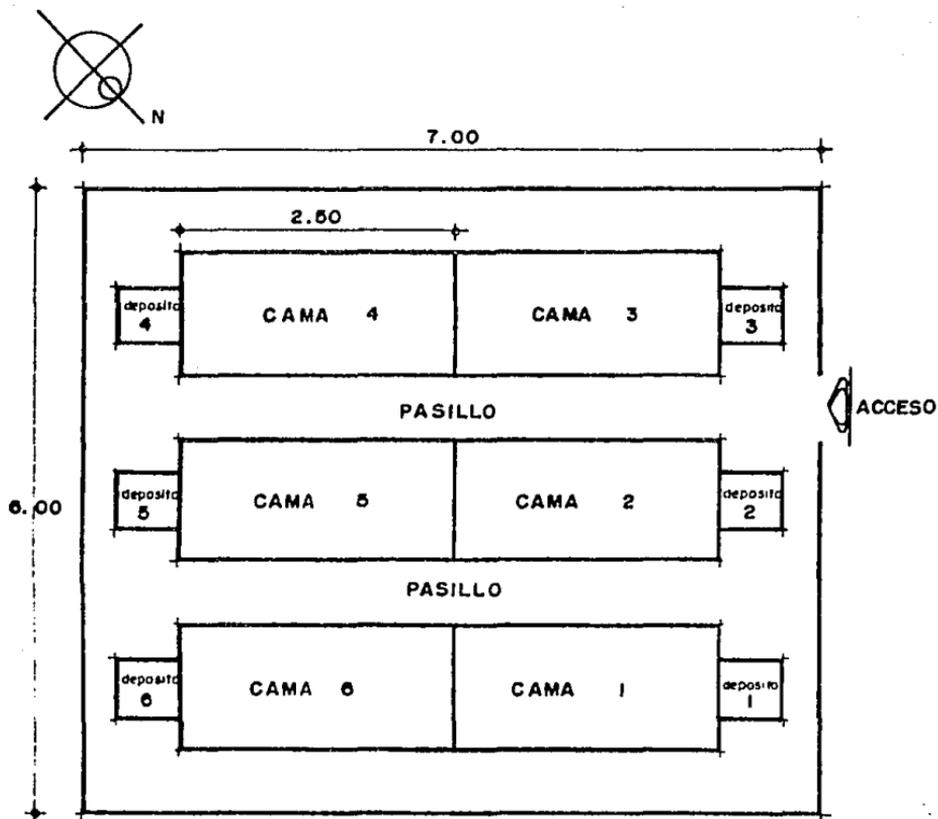


Figura 3 Croquis del invernadero y distribución de camas dentro del mismo, utilizado para el experimento de pepino en Cuautitlán, Izcalli, México.

4.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

4.3.1. Unidad experimental

Cada unidad experimental tuvo una superficie de 2 m², empleando grava como sustrato, y se contó con un depósito de 100 lts. cada una para almacenar la solución nutritiva. El riego fue por subirrigación y la densidad de siembra fue de 6 plantas por m² con una separación entre hileras de 0.30 m. y un distanciamiento entre las plantas de 0.35 m .

4.3.2. Tratamientos

La composición de la solución nutritiva utilizada se basó en la información de intervalos mínimo óptimo y máximo de nutrimentos presentes en las soluciones nutritivas según Schwarz (1977) (Cuadro 9).

Cuadro 9 Cantidad de Nutrimentos (ppm) utilizadas en la Solución Nutritiva

Nutrimento		ppm / 100 l
Nitrógeno	(N)	200
Fósforo	(P)	70
Potasio	(K)	300
Calcio	(Ca)	210
Magnesio	(Mg)	50
Fierro	(Fe)	5

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos y dos repeticiones, con el siguiente modelo estadístico:

$$Y = \mu + t_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_i = Observación tomada del i -ésimo tratamiento.

μ = Efecto de la media general.

t_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

E_i = Efecto del error aleatorio.

En el (Cuadro 10) se presentan los tratamientos utilizados.

Cuadro 10 Fertilizantes empleados para determinar la respuesta del Pepino (Cucumis sativus L.) a diferentes Fertilizantes Fosfatados bajo el Sistema Hidropónico por subirrigación.

Tratamiento	Fertilizante	Composición*		
		N	P_2O_5	K_2O
1	Superfosfato de Calcio simple	0	20	0
2	Triple 17	17	17	17
3	Fosfato diamónico	18	46	0

*Análisis en el laboratorio.

Las cantidades de sales utilizadas para cada tratamiento de acuerdo a la fuente de fósforo, fueron las siguientes:

<u>Fertilizante</u>	<u>g/100 l⁻¹</u>
1. <u>Fuente de Fósforo: Superfosfato de calcio simple.</u>	
a). Nitrato de amonio	12.5
b). Nitrato de potasio	83.4
c). Sulfato de magnesio	53.5
d). Superfosfato de calcio simple	83.75
e). Sulfato de calcio	20.0
f). Sulfato ferroso	2.75
2. <u>Triple 17</u>	
g). Nitrato de potasio	63.94
h). Triple 17	41.17
i). Sulfato de magnesio	53.5
j). Sulfato de calcio	90.0
k). Sulfato ferroso	2.75
3. <u>Fosfato diamónico</u>	
l). Nitrato de potasio	59.68
m). Sulfato de potasio	21.33
n). Fosfato diamónico	42.5
o). Sulfato de magnesio	53.5
p). Sulfato de calcio	90.0
q). Sulfato ferroso	2.75

4.4 ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DEL EXPERIMENTO

La siembra se realizó el 13 de septiembre de 1988 y el experimento terminó el 10 de enero de 1989.

La duración del cultivo desde la siembra hasta el corte de las plantas fue de 120 días, de los cuales los últimos 45 correspondieron a la etapa de cosecha. Se realizaron 7 cortes con un intervalo entre éstos de 4 - 5 días.

Se registró el número de hojas, altura de planta, días a floración y fructificación; se controló el pH de la solución con papel Merck y con un potenciómetro modelo 12 Corning, ajustándose diariamente a un intervalo de 5.5 a 6.0.

La solución nutritiva se renovó cada ocho días para evitar grandes variaciones en su composición química, así como de eliminar la necesidad del análisis químico del agua.

Se midió la conductividad eléctrica con un conductímetro manual, realizando esta operación al final del último riego del día, manteniendo una presión osmótica de 0.75 a 1.2 atm. Se realizaron tres muestreos, el primero a los 90 días, el segundo a los 105

días y el tercero a los 115 días después del trasplante, para el análisis vegetal con la finalidad de determinar la extracción de fósforo por la planta, utilizando la técnica descrita por Jackson (1976).

Para el análisis del laboratorio se tomaron únicamente hojas tallos y frutos de cada repetición, con un intervalo de tiempo entre muestreos de 15 días para los dos primeros y únicamente 8 días para el último.

Se cuantificó la materia seca total por tratamiento, guardándose desde un inicio todas las hojas secas que se desprendían de las plantas hasta el corte total del cultivo.

La cosecha se realizó manualmente cortando los frutos con tijeras previamente desinfectadas con cloro. Al finalizar el último corte se promedió el peso total de cada corte para obtener el rendimiento total por tratamiento.

4.4.1 Prácticas culturales

4.4.1.1 Siembra

La siembra se realizó en almácigos de unícel con una dimensión de 0.40 X 0.40 X 0.10 m, usando

como sustrato la agrolita, Se sembraron aproximadamente 200 semillas para obtener un promedio de 150 plántulas.

4.4.1.2 Trasplante

Las plántulas se trasplantaron a los 18 días después de la siembra cuando éstas mantenían una hoja verdadera y una altura promedio por planta (6.2 cm). Al momento del trasplante se mantuvo el nivel de la solución nutritiva igual en todas las camas durante doce horas aproximadamente.

Se colocaron a 2 hileras con una separación de 30 cm entre plantas y un distanciamiento entre hileras de 35 cm, quedando un espacio de 10 cm entre las paredes de la cama y cada una de las hileras (Figura 4), con lo que se estableció una densidad de siembra de 6 plantas por m².

4.4.1.3 Riegos

De acuerdo a las características del sustrato, el sistema de riego fue por subirrigación; el número y duración de los mismos se determinó en base a la etapa fenológica del cultivo. durante las cuatro

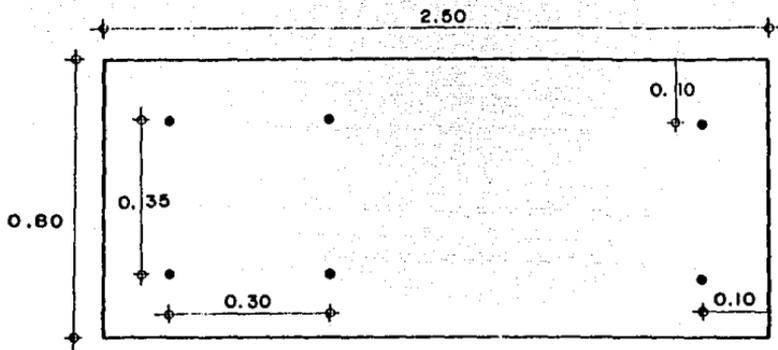


Figura 4 Densidad de siembra para pepino (Cucumis sativus L.)
C.V. polinsett 77, abastecido con diferentes fuentes de fertiliza-
cion fosforada.

• planta, densidad por metro cuadrado; seis plantas.

primeras semanas el número de riegos fue de tres, con un intervalo entre éstos de tres horas aproximadamente, dando el primer riego a las 9:30, el segundo a las 12:00 y el último a las 14:30 h. Conforme avanzó el experimento, a partir de la 10a. semana aproximadamente, se redujo el número de riegos a dos por día; dando el primero a las 10:00 y el segundo a las 12:30 h, drenando en el último riego únicamente la mitad de la solución nutritiva de cada una de las camas, realizándose, esta operación hasta el final del ciclo del cultivo.

4.4.1.4 Podas

Se realizaron tres tipos de podas: la primera consistió en despuntar las ramas secundarias hasta la sexta hoja de la guía principal, dejando únicamente dos hojas por rama secundaria, con la finalidad de evitar entrecruzamientos entre plantas y exceso de área foliar. Se procuró dejar al menos dos frutos por rama, por su importancia como puntos de demanda metabólica y para asegurar al menos el cuajado de uno de ellos. A partir de la séptima hoja de la guía, se despuntaron las siguientes ramas dejando tres hojas y tres frutos a partir del despunte. La segunda poda se realizó sobre la guía principal con el objeto de asegurar el amarre de todos los frutos. La tercer poda consistió en el capado de las flores masculinas du

rante la etapa de floración del cultivo. La poda de las ramas secundarias se realizó con unas tijeras previamente desinfectadas con cloro con una concentración del 3.5%, mientras que el capado de las flores se efectuó manualmente.

4.4.1.5 Control de plagas y enfermedades .

La incidencia de plagas y enfermedades que se presentaron durante el ciclo fueron mínimas, manifestándose únicamente el ataque de la mosquita blanca (Trialeurodes vaporariorum) y el pulgón (Aphis gossypii) durante las primeras etapas de crecimiento del cultivo; para su control se hizo uso de plaguicidas (Cuadro 11) aplicándolos con una mochila de aspersión manual.

Por lo que respecta a enfermedades, se presentó cenicilla polvorienta (Erysiphe cichoracearum) y se controló con el empleo de fungicidas (Cuadro 12)

4.4.1.6. Cosecha

La cosecha se inició a los 90 días después de realizado el trasplante y de acuerdo a las características de la variedad ensayada (es una de las más tardías en producirse) por lo que durante la etapa de cosecha, el índice de madurez se determinó en base al

Cuadro 11 Principales plagas que atacan el cultivo de Pepino, época de aparición y producto comercial para su control químico

Nombre de la plaga	Epoca de aparición	Producto comercial para su control químico
<u>Minador de la hoja</u> (<u>Liriomyza</u> spp)	Octubre a Mayo	Folimat, Nuvacrom., Metasytox, etc.
51 <u>Mosquita blanca</u> (<u>Trialeurodes</u> spp)	Agosto a Mayo	Tamarón, Folidol, etc.
<u>Pulgón</u> (<u>Aphis gossypii</u>)	Octubre a Mayo	Folidol, Folimat

Cuadro 12 Principales enfermedades que atacan el cultivo de Pepino época de aparición y producto químico para su prevención y control

Enfermedad	Epoca de aparición	Producto comercial usado para su prevención o control
Mosaico (Virus)	Estiaje	Control de vectores, eliminación de plantas enfermas de sinfección de utensilios.
Mancha foliar (<u>Corynespora cassiicola cassiicola</u>)	Todo el año	Cupravit, Manzate 200, Dacomil
Canicilla (<u>Erysiphe cicora cearum</u>)	Período de altas temperaturas y secas.	Karathane
Estrangulamiento del Pe dículo (<u>Ascochité spp</u>)	Epoca de lluvias.	Cupravit
Mildiú (<u>Pseudospora Cubensis</u>)	Período de alta temperatura y humedad relativa.	Daconil

desprendimiento fácil de las espinas, el tamaño y diámetro del fruto así como el cambio de color de la cutícula (de verde fuerte a verde claro).

El intervalo de cosecha fue de 4-5 días contados a partir del primer corte, y el número de cortes fue de 7. Entre cada corte se suprimieron los frutos deformes con la finalidad de permitir el óptimo desarrollo de los demás. Los frutos cosechados se cuantificaron por planta y al final de la cosecha se obtuvo el rendimiento promedio por tratamiento.

La calidad de pepino cosechado se determinó en base al peso del fruto, longitud y diámetro del mismo, obteniendo el total de frutos de 1a., 2a. y 3a calidad por tratamiento.

desprendimiento fácil de las espinas, el tamaño y diámetro del fruto así como el cambio de color de la cutícula (de verde fuerte a verde claro).

El intervalo de cosecha fue de 4-5 días contados a partir del primer corte, y el número de cortes fue de 7. Entre cada corte se suprimieron los frutos deformes con la finalidad de permitir el óptimo desarrollo de los demás. Los frutos cosechados se cuantificaron por planta y al final de la cosecha se obtuvo el rendimiento promedio por tratamiento.

La calidad de pepino cosechado se determinó en base al peso del fruto, longitud y diámetro del mismo, obteniendo el total de frutos de 1a., 2a. y 3a calidad por tratamiento.

4.4.2 Soluciones nutritivas

En la preparación de la solución nutritiva se siguió la metodología descrita por Penningsfeld F. y Kurzmann P. (1983) disolviendo primeramente los fertilizantes de reacción ácida y enseguida los de reacción básica, agregando al final el sulfato ferroso.

El agua utilizada para preparar la solución fue potable. Primeramente se llenaban los depósitos hasta el nivel de 100 l, enseguida se agregaban 10 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) de uso industrial en cada depósito, logrando de esta manera acidular el agua hasta un pH de 5.0 - 5.5. Cabe señalar que el ácido sulfúrico previamente se diluía en una cubeta con agua con capacidad de 10 l y una vez hecha la dilución, se agregaban a cada uno de los depósitos.

Para determinar la cantidad de ácido sulfúrico a utilizar, se realizó una titulación en el laboratorio donde se determinó su normalidad (33) y su porcentaje de pureza (87%); así mismo, se cuantificó la cantidad de sólidos totales del agua encontrando que su nivel no rebasó las 1500 ppm.

Teniendo en consideración lo anterior y una vez ajustado el pH del agua, se procedía a preparar la solución, para lo cual se disolvían los fertiliz

tes en forma individual comenzando con los que contenían como fuente el nitrógeno amoniacal que son los que producen una reacción ácida; posteriormente, se a dicionaban los sulfatos y enseguida de éstos, los fosf atos, dejando al final el sulfato ferroso.

Finalmente, se revisaba el pH antes de utiliz ar la solución nutritiva ajustándolo de 5.5 a 6.0. El manejo de la solución estuvo en función del número de riegos y duración de los mismos, conforme el volúm en de los depósitos disminuía se adicionaba el agua faltante (cada tercer día) para evitar que la soluci ón se concentrará y alcanzara una presión osmótica elevada, dificultando así la absorción nutrimental.

La solución nutritiva se recirculaba durante ocho días, renovándose al cabo de éstos y el día que se desechaba se proporcionaba el último riego exclusiv amente con agua.

4.5 VARIABLES EVALUADAS

4.5.1 Variables Morfológicas

A) Altura de planta. Se realizaron durante el ciclo del cultivo tres mediciones, la primera al momento del trasplante, la segunda durante la etapa de floración y la última a la fructificación. La mediz

ción se efectuó a cada una de las plantas con una cinta métrica de nylon, colocando una etiqueta para indicar hasta dónde se había realizado ésta.

La primera medición fue desde el cuello de la raíz de la planta hasta la altura de la yema apical de la segunda hoja, la segunda se efectuó cuando las plantas contaban con seis hojas verdaderas (50 días después del trasplante) y la tercera cuando al menos uno de sus frutos había cuajado.

B) Número de hojas. Se cuantificó el total de hojas que emitieron las plantas, considerando las hojas de las ramas secundarias. Conforme se iban envejeciendo y caían se conservaban para determinar el final del ciclo la materia seca total.

C) Días a primera floración. La primera floración ocurrió a los 45 días después del trasplante y cuando las plantas habían emitido su primera flor femenina.

D) Días a madurez técnica. Se realizó a los cuarenta y cinco días posteriores a la floración, cortando únicamente los frutos a punto de cosecha, tomando como indicadores el desprendimiento fácil de las espigas, el cambio de coloración de la cutícula (verde fuerte a verde claro), su longitud, diámetro y peso del fruto.

E) Número de frutos. Se contaron los frutos al momento de iniciar el primer corte y hasta el final del ciclo del cultivo, clasificándolos en frutos de primera, segunda y tercera calidad (en base a peso, longitud y diámetro).

F) Diámetro del fruto. Se determinó en cada fruto cosechado por la parte media, utilizando un vernier para lograr mayor precisión en su medición.

G) Longitud del fruto. El tamaño de los frutos se midió con una cinta métrica de naylon, logrando de este modo una mejor clasificación de los frutos

H) Rendimiento biológico. Se determinó la materia seca total sometiendo a las plantas a secado en una estufa de aire forzado durante 36 h a una temperatura constante de 70 °C.

I) Rendimiento económico. Se cuantificó el rendimiento producido durante todo su ciclo, expresado en Kg-/m².

4.5.2. Análisis Nutricional

4.5.2.1 Análisis de fertilizantes fosforados

Se utilizó el método colorimétrico del Vanadato-Molibdato, determinando el fósforo extractable en agua, midiéndose a una longitud de onda de 470 y

430 nm. analizando muestras de 0.001 y 0,5 g con una repetición.

4.5.2.2 Análisis vegetal

Se sometieron a análisis de laboratorio única mente muestras de hojas, tallos y frutos de los tres muestreos para cada tratamiento con su respectiva re petición (realizando el primer muestreo a los 90 dí as y el tercero a los 115 días) de acuerdo a la meto dología descrita por Jackson (1976).

5. RESULTADOS Y DISCUSION

En el presente trabajo se determinaron previamente los parámetros morfológicos que debían incluirse, basándose en la relación que éstos tienen con el tratamiento aplicado y su consecuencia final en el rendimiento.

Las variables morfológicas o componentes de rendimiento que se evaluaron fueron: número de hojas, altura de planta, acumulación de materia seca y rendimiento en frutos. (Se analizó también el contenido de fósforo en la planta a diferentes tiempos muestreos) especificando el contenido de fósforo en tres órganos de la planta (tallo, hoja y fruto).

Los valores del número de hojas que se muestran en el Cuadro 13, se refieren al número de hojas promedio por planta, por tratamiento. Se observa que el fósforo, con la fuente de fosfato diamónico (DAP), fue ligeramente superior a las otras dos fuentes (Superfosfato de calcio simple y triple 17) para generar un mejor número de hojas en pepino. La respuesta a estas diferencias puede deberse a la concentración de nitrógeno amoniacal que se aplicó a la solución nutritiva a través del fosfato diamónico.

Cuadro 13 Número de hojas totales por planta de Pepino (*Cucumis sativus* L.)
C.V. Poinsett 77, abastecidas con diferentes Fuentes de Fertiliza
ción Fosforada

Fuente de fósforo	Número de hojas ^a
Triple 17	34
Superfosfato de calcio simple	34
Fosfato diamónico	36
a. Promedio de hojas por tratamiento	

En cuanto a altura de planta, el efecto de las diferentes fuentes de fósforo sobre el cultivo (Cuadro 14) fue similar en todas estas. En la (Figura 5) se observa que de la etapa de floración a la etapa de fructificación se da un aumento fuerte en la altura, alcanzando los mayores valores el fosfato diamónico, seguido por el triple 17 y al final el superfosfato de calcio simple; cabe señalar que las diferencias numéricas son muy pequeñas.

El rendimiento de materia seca por tratamiento se presenta, en el Cuadro 15, por órgano de la planta (tallo, hoja, fruto), y de planta entera en el Cuadro 16.

Graficando los datos (Figura 6), se observa que la tendencia de acumulación de materia seca va en aumento en lo que respecta a tallo, presentando un comportamiento similar en los tres tratamientos, aunque el fosfato diamónico presentó los valores más elevados.

En las hojas se presentó la mayor acumulación de materia seca, comparada con los demás órganos analizados. En este caso, el comportamiento de los tres tratamientos fue semejante, presentando un pico en el segundomuestreo (etapa en plena producción) para después bajar precipitadamente al tercero (etapa

Cuadro 14 Altura de planta¹ (cm) de Pepino (Cucumis Sativus L.) C.V. Poinsett 77, abastecidas con diferentes Fuentes de Fertilización Fosforada

Tratamiento	Etapa Fenológica		
	Vegetativa	Floración	Fructificación
Triple 17	6.0	19.7	60.1
Superfosfato de calcio simple	6.3	21.2	64.7
Fosfato diamónico	6.4	21.7	75.5

1 Promedio de altura por tratamiento.

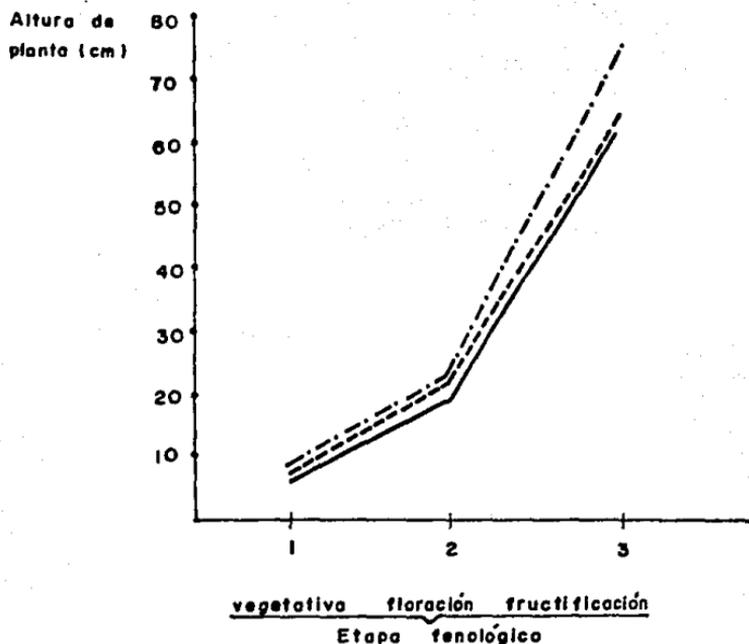


Figura 5 Altura de planta (cm) de pepino (Cucumis sativus L.) C.V. poinsett 77, a tres etapas fenológicas, en hidroponía por sub irrigación.

Cuadro 15 Rendimiento de materia seca (G) por órgano de la planta de Pepino (Cucumis sativus L.) C.V. Poinsett con diferentes Fuentes de Fertilización fosforada

Tratamiento	Número de Muestreo ¹								
	1			2			3		
	T	H	F	T	H	F	T	H	F
Triple 17	1.5	10.2		3.6	27.9	7.8	3.7	14.5	0.5
%	12.82	87.18		9.16	70.99	19.84	19.78	77.54	2.67
Superfosfato de calcio simple	2.7	22.1	8.7	3.1	21.4	4.2	3.9	13.4	1.8
%	8.05	65.98	25.97	10.8	74.56	14.64	20.42	70.16	9.42
Fosfato diamónico	2.8	19.0	4.6	3.7	20.1	3.8	4.0	17.1	1.0
%	10.60	71.97	17.43	13.40	72.83	13.77	18.1	77.38	4.52

T Tallo, H hoja, F fruto

1. Porcentajes relativos.

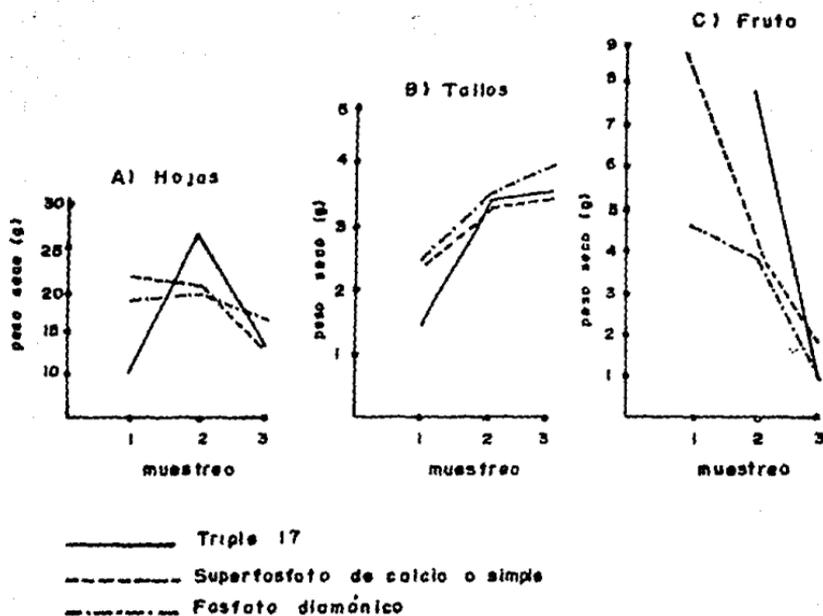


Figura 6 Rendimiento de materia seca (g) por órgano de la planta de pepino (*Cucumis sativus* L.), C.V. poinsett 77, en hidroponía por subirrigación.

de senescencia), pero sólo en los tratamientos de su perfosfato de calcio simple y triple 17. En el caso del fosfato diamónico la tendencia fue menos pronunciada, además de que fue el tratamiento con valores más elevados de acumulación de materia seca.

Para el caso del fruto, los tratamientos también presentan un comportamiento similar entre ellos, pero en este caso decrece la acumulación y se observa que al primer muestreo presenta una alta acumulación de materia seca, debido a que está en la etapa de plena producción y en los siguientes dos muestreos, esta acumulación disminuye rápidamente, debido posiblemente a que la planta entró en la etapa de senescencia.

Los valores más altos que se registran en la acumulación de materia seca en fruto son para la fuente con superfosfato de calcio simple, enseguida del triple 17 y por último el fosfato diamónico.

En el Cuadro 16 se registran los valores correspondientes a la acumulación de materia seca promedio por planta, donde se observa que la mayor acumulación de materia seca se da para el fosfato diamónico, seguido por el tripe 17 y por último el superfosfato de calcio simple.

Los datos de rendimiento promedio por trata

Cuadro 16 Rendimiento de materia seca (g) de planta completa de Pepino (Cucumis sativus L.) C.V. variedad Poinsett 77, abastecidas con diferentes Fuentes de Fertilización Fosforada

Tratamiento	Peso Seco
Triple 17	26.83
Superfosfato de calcio simple	23.33
Fosfato diamónico	33.58

miento que aparecen en el Cuadro 17 muestran que las diferencias numéricas son mínimas entre tratamientos, presentándose una diferencia de un kilogramo a proximádamente entre el fosfato diamónico y el triple 17 que son los que exhibieron valores más altos.

En la Figura 7 , se muestra el rendimiento por corte para cada tratamiento y se observa que el fosfato diamónico presenta una curva más suave que que las otras dos fuentes. Es decir, la producción se incrementa conforme avanza la edad de la planta hasta alcanzar un máximo, para después descender paulatina mente, debido probablemente a que la planta entró al estado de senescencia. En los demás tratamientos la curva sufre altibajos antes y después de llegar a un máximo en rendimiento y el curso ascendente y descendente son abruptos.

En los tres tratamiento, se observa la mayor producción en el cuarto corte (Triple 17 con el 21.40 %, Superfosfato de calcio simple 35.36% y el DAP con 23.22%) mientras que las diferencias en las gráficas se observan antes del cuarto corte; después, todas tienen un comportamiento similar. Por otro lado la clasificación de frutos que se registra en el Cuadro 18 muestra que el mayor número de frutos de primera calidad se da para el fosfato diamónico y éste mismo presenta el menor porcentaje de frutos de tercera ca

lidad; en el triple 17, a pesar de que presenta un mayor promedio en peso de fruto, su porcentaje en frutos de segunda y tercera son mayores que los del fosfato diamónico; el superfosfato de calcio simple, presenta el mayor porcentaje de frutos de tercera y menor porcentaje en frutos de primera y segunda. Considerando estos resultados se puede decir que el DAP, a pesar de su alto contenido de amonio que aporta a la solución, produce un mayor número de frutos de primera calidad que las otras dos fuentes de fósforo. Resultados que concuerdan con los datos de Schwarz (1977).

Cuadro 17 Rendimiento promedio por tratamiento de Pepino (Cucumis sativus L.)
C.V. variedad Poinsett 77, abastecido con diferentes Fuentes de
Fertilización Fosforada

Tratamiento	Peso fresco (g)			
	Por planta	Por fruto	Total frutos	Rendimiento total
Triple 17	525.16	206.61	61	6 201.5
Superfosfato de calcio simple	567.29	200.22	34	6 807.0
Fosfato diamónico	564.95	202.36	67	6 779.25

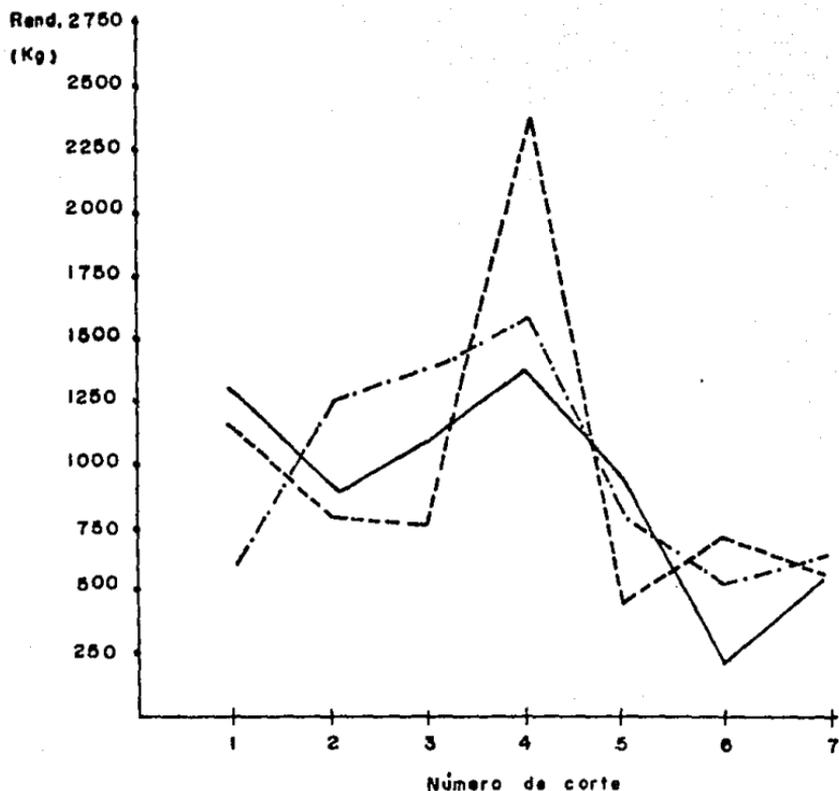


Figura 7 Rendimiento promedio por corte de pepino (Cucumis sativus L.) C.V. poinsett 77 abastecido con diferentes fuentes de fertilización fosforada.

Cuadro 18 Calidad de frutos de Pepino¹ (Cucumis sativus L.) C.V. Poinsett 77, abastecidos con diferentes Fuentes de Fertilización Fosforada

Tratamiento	Calidad ^a			Total
	1a	2a	3a	
Triple 17	36	13	12	61
%	59	21.33	12.67	100
Superfosfato de calcio simple	20	15	9	34
%	58.82	14.70	26.48	100
Fosfato diamónico	41	14	12	67
%	61.19	20.80	17.92	100

1 Considerando una repetición

a Número de frutos y % relativo

Los datos producto de los análisis químicos realizados para determinar el contenido de fósforo en tres órganos de la planta (tallo, hoja y fruto) se muestran en el Cuadro 19 y en el Cuadro 20 se presentan los datos del contenido de fósforo en la planta entera, y en el Cuadro 21, la eficiencia de fósforo por tratamiento.

En la Figura 8 se observa que, para el tallo, los tres tratamientos muestran un comportamiento similar que se caracteriza por un mayor contenido de fósforo, en relación a hoja y fruto, para el segundo muestreo (etapa de producción) y éste decreció rápidamente para el superfosfato de calcio simple y el triple 17, aunque no fue tan marcado para el fosfato diamónico en el tercer muestreo. Los valores más elevados se presentan para el triple 17 seguido por el superfosfato de calcio simple y el fosfato diamónico.

En hojas, todas las fuentes presentan una tendencia a incrementar el contenido de cada muestreo, pero las diferencias numéricas entre ellas fue mínima. Los mayores valores que se registraron fueron para el fosfato diamónico.

Para frutos, el contenido de fósforo tendió a disminuir conforme se avanzó el número de muestreos; esta disminución en el contenido de fósforo en fruto-

Cuadro 19 Extracción de fósforo (mg) por órgano de la planta de Pepino (Cucumis sativus L.) C.V. Poinsett 77 abastecido con diferentes Fuentes de Fertilización Fosforada.

Tratamiento	Número de Muestreo								
	1			2			3		
	T	H	F	T	H	F	T	H	F
Triple 17	2.17	0.31	-	3.97	0.72	2.07	2.19	0.77	0.45
Superfosfato de calcio simple	2.97	0.67	2.02	3.79	0.57	1.24	1.98	0.88	0.38
Fosfato diamónico	0.89	0.60	0.84	3.51	0.93	0.64	2.67	1.00	0.52

H hoja, T tallo, F fruto

Cuadro 20 Extracción de fósforo (mg) en planta entera de Pepino (Cucumis sativus L.)C.V, Poinsett 77, abastecido con diferentes Fuentes de Fertilización Fosforada

Tratamiento	Número de muestra		
	1	2	3
	127*	142*	150*
Triple 17	2.48	6.76	3,41
Superfosfato de calcio simple	5.66	5.60	3.24
Fosfato diamónico	2.33	5.08	4.19

* Días después de floración

Cuadro 21 Eficiencia de fósforo por tratamiento de Pepino (Cucumis sativus L.)C.V. Poinsett,77abastecidas con diferentes Fuentes de Fertilización Fosforada

Tratamiento	Número de muestreo		
	1	2	3
Triple 17	83.3	30.56	60.59
Superfosfato de calcio simple	35.37	35.75	61.80
Fosfato diamónico	86.85	39.83	48.30

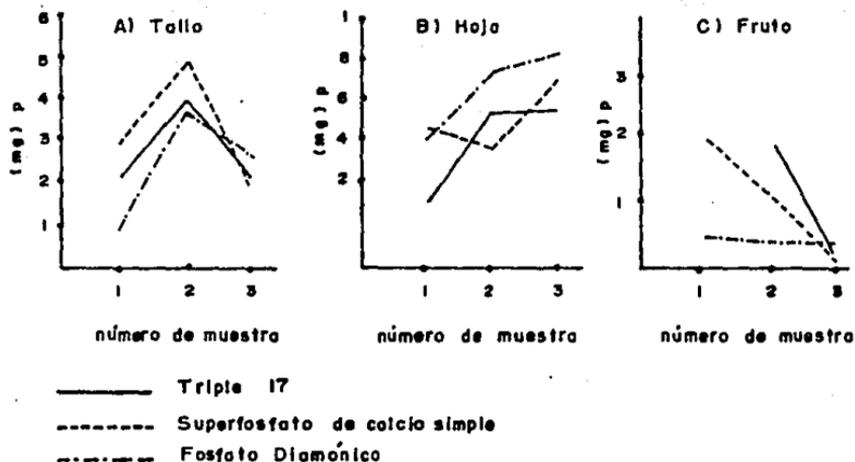


Figura 8 Extracción de fósforo (mg) por órgano de la planta de pepino (Cucumis sativus L) C.V. poinsett 77, por muestra, abastecida con diferentes fuentes de fertilización fosforada.

podiera deberse a la cantidad de frutos que tuviera la planta al momento del muestreo y po el hecho de que la planta iniciaba la etapa de senescencia.

Los valores más elevados en contenido de fósforo fueron para superfosfato de calcio simple, seguido por el triple 17 y finalmente el fosfato diamónico

La mayor concentración de fósforo en los tres órganos analizados, independientemente de la fuente de fertilizantes fosforados se presentó en el tallo. Esto posiblemente a que la concentración de fósforo en la solución nutritiva fue alta en todo el experimento, alcanzando valores muy por arriba de las necesidades del cultivo, incrementando de esta manera la concentración de fósforo en el tallo, cuando se esperaba que esta alta concentración se manifestara en el fruto, como lo reporta Schreiber (1949) en el cultivo de cereales.

El contenido de fósforo en la planta entera (Figura 9) se comportó muy similar en los tres tratamientos probados. Se observa un pico en el segundo muestreo, seguido de un descanso precipitado para el tercer muestreo. Los valores más altos que se registran para el contenido de fósforo en planta entera son para el triple 17 seguido por el superfosfato de calcio simple y por último el fosfato diamónico.

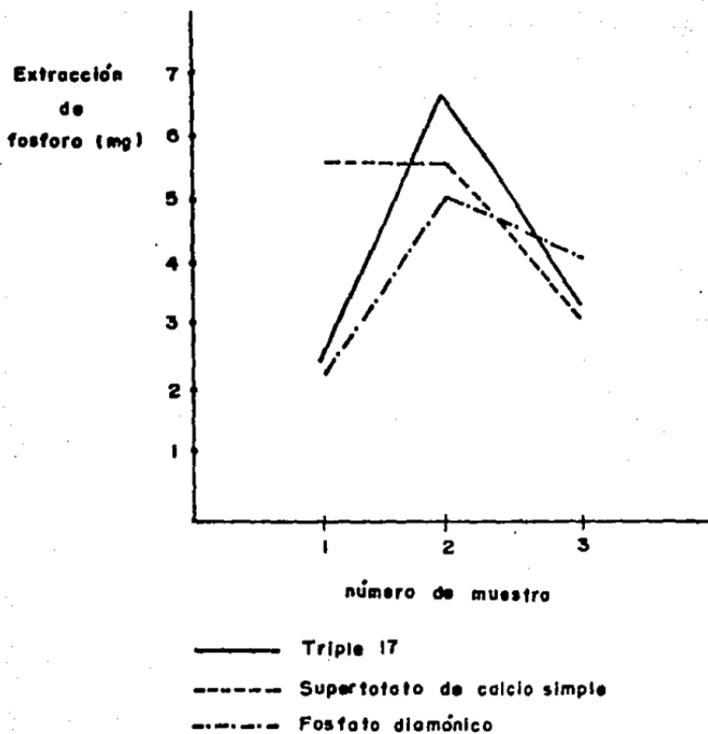


Figura 9 Extracción de fosfato total (mg) en pepino (Cucumis sativus L.) C.V. poinsett 77 abastecido con diferentes fuentes de fertilización fosforada.

Por otro lado, se evaluaron las correlaciones entre componentes de rendimiento que se han mencionado al principio de este capítulo.

En el tratamiento con triple 17 sólo dos componentes estuvieron correlacionados, siendo éstos el peso promedio de los frutos y el rendimiento promedio por planta. En el Cuadro 1A, se observa que los valores de (r) van en aumento, teniendo una dirección de izquierda a derecha, esto es, que cualquier componente que se correlacione con el rendimiento promedio por planta obtiene el más alto valor de $r = 0.5962$; esto indica que mientras mayor sea la altura de planta, el número de hojas, el número de frutos, mayor será el rendimiento de frutos por planta

En el caso del tratamiento con superfosfato de calcio simple (Cuadro 2A) cuatro de los cinco componentes están correlacionados significativamente y dos de ellas, tienen una significancia estadística del 1%.

Los componentes que presentan significancia estadística se caracterizan por el hecho de que todas se correlacionan con el rendimiento promedio por planta. Al correlacionarse las otras componentes entre ellas no se observa significancia estadística alguna, mientras que la única componente del rendimiento que

no presenta significancia con ninguno de las otras componentes fue el peso promedio de frutos.

Al igual que el tratamiento con triple 17, el valor de (r) se eleva de izquierda a derecha, tiende a aumentar las componentes, correlacionándose con el rendimiento promedio por planta. En estas correlaciones se observa que la significancia estadística más alta (1%) se presenta con el número de frutos y el rendimiento promedio por planta. Las correlaciones del tercer tratamiento (fosfato diamónico) se presentan en el Cuadro 3A y sólo se observa una correlación estadística significativa ($r = 0.9266$) entre el número de frutos y el rendimiento promedio por planta

De los cuadros de correlaciones se observa que en el superfosfato de calcio simple y fosfato diamónico los valores de (r) son altamente significativos para el número de frutos y el rendimiento promedio por planta.

Los análisis de varianza para cada una de las componentes del rendimiento (Cuadro 4A-9A) no indican diferencias significativas entre las medias de los tratamientos.

6. CONCLUSIONES

En los resultados obtenidos para el rendimiento de materia seca, la mayor acumulación se dió para el fosfato diamónico en hojas que en los demás órganos analizados, seguido del triple 17 y finalmente el su perfosfato de calcio simple.

La mejor respuesta en cuanto a rendimiento promedio de fruto por tratamiento se obtuvo con el fosfato diamónico.

La mayor extracción de fósforo para tallo y hoja se encontró con el fosfato diamónico. En cuanto a la extracción de fósforo por parte del fruto, la mejor respuesta se obtuvo con el superfosfato de calcio simple, seguido del triple 17 y al final el fosfato diamónico.

Los fertilizantes fosforados utilizados presentan diferencias en solubilidad, (Cuadro 16A y 17A), pero este factor no se correlaciono con el rendimiento obtenido ni con el contenido de fósforo en la planta, mientras que el crecimiento y productividad sí se ve afectado por las diferentes fuentes de fósforo utilizadas.

En términos generales, la mejor fuente de

fertilizante fosforada bajo las condiciones descritas en la presente investigación fue el fosfato diamónico seguido del triple 17, y por último el superfosfato de calcio simple, sin embargo, al no presentarse diferencia estadística significativa entre los tratamientos es posible utilizar las otras fuentes en función de la disponibilidad y el costo económico correspondiente.

La media más alta para todos los componentes de rendimiento consideradas fue para el tratamiento con fosfato diamónico seguido por el triple 17 y el superfosfato de calcio simple, pero, para el contenido de fósforo total en la planta entera las medias siguieron otro comportamiento, presentando la mayor media el triple 17, seguido por el superfosfato de calcio simple y el fosfato diamónico; esta contradicción puede deberse al efecto dilutivo que se crea al producir un mayor rendimiento económico de materia seca como lo reporta Mengel and Kirkby (1982) y Selmer Geislerød (1980).

Los resultados de extracción total de fósforo por la planta entera indican que no existe una correlación positiva entre el fósforo absorbido por la planta y la solubilidad del fertilizante, ya que a mayor solubilidad menor fue la absorción de fósforo por la planta,, para los tres tratamientos.

Así mismo, el rendimiento económico no se correlaciona' con el contenido de fósforo en la planta, ya que el mayor rendimiento económico se obtuvo en las plantas que menos fósforo absorbieron (tratamiento con fosfato diamónico).

Schwarz (1977), menciona que los cambios en los nutrimentos inorgánicos especialmente el del nitrógeno amoniacal en las solución nutritiva afecta la expresión del sexo, -en plantas de pepino-, en una proporción de 1:6 a 1:8 de flores masculinas y femeninas respectivamente.

En este experimento, el mayor rendimiento de los tres tratamientos se correlaciona' con la solución nutritiva que presenta una proporción más alta de N - NH_4^+ , siendo el fosfato diamónico el que más elevó esta proporción seguido por el triple 17 y el superfosfato de calcio simple en ese orden.

Estos resultados son congruentes con lo establecido por Schwarz (1977).

Paquete Tecnológico.

Sistema utilizado.

En el presente trabajo se empleó la técnica de cultivo en grava con sistema de riego por subirrigación; esto es, la solución nutritiva se bombea a la bancada a través de un tubo que se ubica en la parte inferior y que corre a lo largo del mismo, proporcionando de esta manera una distribución más uniforme de la solución nutritiva

Solución nutritiva.

La metodología utilizada se basó en la disolución por separado de cada una de las sales utilizadas, agregando primero las de reacción ácida, enseguida las de reacción neutra y al final las de reacción alcalina, agregando al final el sulfato ferroso; previo a la mezcla de sales en el depósito es necesario medir y ajustar el pH y presión osmótica del agua para no alterar la composición química de la solución y determinar su concentración.

Siembra.

Se realizó el 13 de Septiembre de 1988 en

almácigos de unicel con dimensiones de 0.40 X 0.40 X 0.10m., usando como sustrato perlita, a los 18 días se trasplantaron, cuando éstas tenían una hoja verdadera; al momento del trasplante se mantuvo el nivel de la solución nutritiva en todas las camas durante doce horas aproximadamente, teniendo una densidad de siembra de 6 plantas por m² con el siguiente arreglo topológico; se colocaron dos hileras con una separación de 30 cm. entre plantas y un distanciamiento entre hileras de 35 cm. quedando un espacio de 10 cm. entre la pared de la cama y cada una de las hileras.

Riegos.

De acuerdo a las características del sustrato, el sistema de riego fue por subirrigación, el número y duración se determinó en base a la etapa fenológica del cultivo. Durante las cuatro primeras semanas el número de riegos fue de tres; dando el primero a las 9:30, el segundo a las 12:00 y el último a las 14:30, y a partir de la décima semana se redujo a dos por día; dando el primero a las 10:00 y el segundo a las 12:30, drenando la mitad de la solución en cada una de las camas, realizando esta operación hasta el final del ciclo del cultivo.

Podas.

Se efectuaron tres tipos de poda; la primera consistió en despuntar las ramas secundarias hasta la sexta hoja de la guía principal, dejando dos hojas por rama secundaria, se procuró dejar dos frutos por rama, a partir de la séptima hoja de la guía se despuntaron las siguientes ramas dejando tres hojas y tres frutos. La segunda poda se realizó sobre la guía principal con el objeto de asegurar el amarre de todos los frutos y el brote de ramas laterales y, la tercer poda consistió en el capado de todas las flores masculinas.

Tutoreo.

Consistió en el amarre de las plantas por medio de una cuerda de rafia, sujeta al techo del invernadero, con el objeto de que las plantas tuvieran un crecimiento vertical y aprovechar el espacio.

Cosecha.

Se inició a los 90 días después de realizado el trasplante y de acuerdo a las características de la variedad ensayada (es una de las más tardías en producir), la duración de cosecha fue de treinta

días, realizando siete cortes con un intervalo de cosecha de 4 - 5 días contados a partir del primer corte. Se determinó la calidad de pepino en base a peso del fruto, longitud y diámetro del mismo, obteniendo de esta manera una mejor clasificación de los frutos cosechados.

7. APENDICE

Cuadro 1A Coeficientes de correlación entre componente de rendimiento para Pepino (Cucumis sativus L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con triple 17

	Número hojas	Altura planta	Número frutos	Peso prom. de frutos	Rendimiento prom. por planta
Número hojas	1	0.117	0.06	0.2082	0.315
Altura planta		1	-0.32	0.187	0.367
Número frutos			1	0.43	0.5659
Remd. prom. frutos				1	0.5962
Rend. prom. por planta					1

Cuadro 2A Coeficientes de correlación entre componentes de rendimiento para Pepino (Cucumis sativus L.)C.V. Poinsett 77, abastecido con Super fosfato de Calcio Simple

	Número hojas	Altura planta	Número de frutos	Peso promedio de frutos	Rendimiento- promedio por planta
Número hojas	1	0.398	0.566	0.3296	0.6743*
Altura planta		1	0.2599	0.3636	0.702*
Número de frutos			1	0.049	0.880**
Peso prom. frutos				1	0.311
Rend. prom. por planta					1

Cuadro 3A Coeficientes de correlación entre componentes de rendimiento para Pepino (Cucumis sativus L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con Fosta to Diamónico.

	Número hojas	Altura planta	Número de frutos	Peso promedio de frutos	Rendimiento prom. por frutos
Número hojas	1	0.1724	0.03	0.1424	0,041
Altura planta		1	0,2733	0,2308	0,4103
Número frutos			1	0,416	0,09266**
Peso prom. frutos				1	0,094
Rend. prom. frutos					1

Cuadro 4A Análisis de varianza para altura de planta de Pepino (Cucumis sativus L.) C.V. Poinsett 77 abastecido con diferentes Fuentes de Fertilización fosforada,

Factores de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F(5%)
Tratamientos	2	17465.6	8732.8	0.3234	9.55 NS
Error	3	80994.2	26998.06		
Total	5	98459.8			

X = 835.66
C.V. = 19.66 %

Cuadro 5A Análisis de varianza para número de hojas de Pepino (Cucumis sativus L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes Fuentes de Fertilización Fosforada

Factores de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F(5%)
Tratamientos	2	1012.5	506.25	0.3234	9.55 NS
Error	3	4682.5	1560.83		
Total	5	5695.0			

X = 422.1
C.V. = 9.35 %

Cuadro 6A Análisis de varianza para materia seca en hojas de Pepino (Cucumis sativus L.) C.V. variedad Poinsett77 abastecido con diferentes Fuentes de Fertilización Fosforada

Factores de variación	G.L.	S. C.	C.M.	Fc	F(5%)
Tratamientos	2	114.1379	57.0699	1.709	19.16NS
Error	3	100.1309	33.3769		
Total	5	214.3788			

$\bar{x} = 35.045$

C.V. = 16.46 %

Cuadro 7A Análisis de varianza para materia seca total en tallos de Pepino (Cucumis sativus L.) C.V. variedad Poinsett 77, abastecido con diferentes Fuentes de Fertilizantes Fosforada

Factores de variación	G.L.	S. C.	C.M.	Fc	F(5%)
Tratamientos	2	2.7783	1.3891	0.1337	19.16NS
Error	3	31.1569	10.3856		
Total	5	33.9352			

$\bar{x} = 9.79$

C.V. = 30.3 %

Cuadro 8A Análisis de varianza para materia seca total en fruto de Pepino (Cucumis sativus L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes Fuentes de Fertilización-fosforada

Factores de Variación	G.L.	S. C.	C.M.	Fc	F(5%)
Tratamientos	2	142.3558	71.1492	4.79	9.55 NS
Error	3	44.5132	14.8327		
Total	5	186.8717			

X = 8.69

C.V. = 22.57 %

Cuadro 10A Análisis de varianza para extracción de fósforo en hojas de Pepino (Cucumis sativus L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes Fuentes de Fertilización Fosforada

Factores de variación	G.L.	S. C.	C.M.	Fc	F(5%)
Tratamientos	2	0.0106	0.0053	0.0846	9.55 NS
Error	3	0.188	0.0626		
Total	5	0.1986			

X = 0.607

C.V. = 41.21 %

Cuadro 9 A Analisis de varianza para rendimiento económico --
 por tratamiento en pepino (Cucumis sativus L.)C.V.
 Poinsett 77, abastecido con diferentes fuentes de
 fertilización fosforada.

Factores de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F (5%)
Tratamientos	2	80.72	40.46	1.01	9.55 NS
Error	3	118.81	39.60		
Total	5	199.53			

$$\bar{X} = 3.314$$

$$C.V. = 18.9 \%$$

Cuadro 11A Análisis de varianza para extracción de Fósforo en tallo de Pepino (Cucumis sativus L.) C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes Fuentes de Fertilización fosforada.

Factores de variación	G.L.	S. C.	C.M.	Fc	F(5%)
Tratamientos	2	0.0211	0.01055	0.5623	9.55 NS
Error	3	0.0563	0.01876		
Total	5	0.0774			

X = 0.5706
C.V. = 24 %

Cuadro 12A Análisis de varianza para extracción de fósforo en de Pepino (Cucumis sativus L.)C.V. Poinsett 77, abastecido con diferentes Fuentes de Fertilización Fosforada.

Factores de variación	G.L.	S. C.	C.M.	Fc	F(5%)
Tratamientos	2	0.0009	0.00045	0.01	9.55 NS
Error	3	0.081	0.0405		
Total	5	0.0819			

X = 0.5376
C.V. = 37.43 %

Cuadro 13A Análisis de varianza para el contenido de fósforo en plantas de Pepino (Cucumis sativus L.)C.V, Poinsett 77, primer muestreo, abastecidas con diferentes Fuentes de Fertilización Fosforada.

Factores de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F(5%)
Tratamientos	2	14.14935	7.0746	47.164**	9.55 S
Error	3	0.45015	0.15		
Total	5	14.5995			

X = 3.49
C.V. = 11.09 %

Cuadro 14A Análisis de varianza para el contenido de fósforo en plantas de Pepino (Cucumis sativus L.) C.V. Poinsett 77, segundo muestreo, abastecidas con diferentes Fuentes de Fertilización Fosforada

Factores de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F(5%)
Tratamientos	2	2.96695	1.483	0.3773	9.55 NS
Error	3	11.79255	3.93		
Total	5	14.7595			

X = 5.81
C.V. = 34.12 %

Cuadro 15A Análisis de varianza para el contenido de Fósforo en plantas de Pepino (Cucumis sativus L.) C.V, Variedad Poinsett 77, tercer muestreo, - abastecidas con diferentes Fuentes de Fertilización Fosforada

Factores de variación	C.L.	S.C.	C.M.	Fc	F(5%)
Tratamientos	2	0.5959	0.2997	0.1209	9.55 NS
Error	3	7.4343	2.4791		
Total	5	8.0292			

X = 3.55

C.V. = 44.35 %

Cuadro 16A Fósforo Extractable en agua de tres Fuentes Fertilización Fosforada

Fuente	Fósforo extractable en agua 0.5 (g)
Superfosfato de calcio simple %	60,940.5 ¹ 6,09
Triple 17 %	27,137.7 2.71
Fosfato Diamónico %	178,537.5 17,85

1 Partes por millón por Fuente

Cuadro 17A Concentración de fósforo estimado y fósforo soluble de tres Fuentes-
de Fertilización Fosforada, para Pepino (Cucumis sativus L.)C.V.
Poinsett 77, abastecidos con tres Fuentes de Fertilización Fosforada

Fuente	Fósforo estimado (ppm) 100^{-2} l	Fósforo soluble $^{-1}$ ppm l
Superfosfato de calcio simple %	70 100	48 66.82
Triple A %	70 100	20 28.70
Fosfato diamónico %	70 100	61 87.30

B I B L I O G R A F I A

- ADAMS, P. and MASSEY D.M. 1984. Nutrient uptake by tomatoes from recirculating solutions. Proc. 6th Int.Soc. on Soilless Culture. Pp. 71-79.
- ANSTETT, A. 1967. Fertilisation des cultures maraichères sous serre Bull. Techn. d'inform. Paris nr 217 Pp.119 - 132.
- ATTAR S, R. 1976. The effects of nutrient interrelationships on cucumber in hydroponic culture. Proc. IWOSC. Pp. 215 - 222.
- BOUMA, E.,J. 1976 "Relación entre el estado de fósforo de plantas de trébol subterráneas y la respuesta del peso seco de hojas separadas en soluciones con o sin fosfato "Aust. J. Agric. Rev. (27): 53 - 62.
- CHAPMAN H.,D. 1966. Diagnostic criteria for plants and soil. Univ. Calif. Div. Agric. Science, Berkeley, California.
- CECADEP 1984. Reportes técnicos de la industria de los fertilizantes. Gerencia de Planeación, Subgerencia de Proyectos; Depto. de Estudios de Mercado y Localización.

- CLARKSON D, T.; SANDERSON, J. and RUSSELL R., S. 1968. Ion uptake and root age. *Nature* 220: 805 - 806.
- CRONQUIST, A. 1977. *Introducción a la Botánica*. CECSA. México, 2 ed.
- DAUDESCU, D. and DAVICESSEW., V. 1982. Evaluation of fertility by plant and soil analysis. ABACUS Press. Tunbridge Wells Vent.
- DURANY, C., V. 1977. *Hidroponia; cultivo de plantas sin tierra* ED. SANES S.A. Barcelona Esp. Pp. 5 - 6.
- FISHER, M., J. 1980. The influence of water stress on nitrogen and Phosphorus uptake and concentration in townsville stylo (Stylosanthes humilis) Aust. J. Agric. Anim. Husb.
- GEISSIER T., H. 1967. *Archiv. Für Gartenbau* 6: 431 - 436
- GUENKOV, G. 1969. *Fundamentos de horticultura Cubana*. ED. Ciencia y Técnica. Instituto Libro, La Habana, Cuba. Pp. 160 - 169.
- HALL S., M. and BAKER D., S. 1972. The chemical composition of Ricinus Phloem exudate. *Plant* 106: 131 - 140.
- HOSSNER L., R ; FREEOUF J., A. and FOISON B., L. 1973. Solution phosphorus concentration and growth of rice (Oryza sativa) in flooded cells. *Proc. Soil. Sci. Amer.* 37: 405 - 406.

- INIA. 1982. Ciclos de cultivo. Diagrama No, 74, SARH. México.
- ISHUZUKA, Y. 1978 Nutrient deficiencies of crops. Food Fertilizer Technology. Center, Taipei, Taiwan.
- JACKSON P., G. and HAGEN C., E. 1960. Products of orthophosphate absorption by barley roots. Plant Physiology: 35: 326 - 332.
- JACKSON M., L. 1976. Análisis químico de suelos 12a. Ed. Ediciones Omega, S.A. Barcelona España.
- LAMB A., S. 1967. Physiology American Society. Agronomy Number 13. Agronomy. Pp. 181 - 223.
- LONERAGAN J., F. and ASHER. C., J. 1967. Response of plants to phosphate concentration in solution culture, II. Rate of phosphate absorption and its relation to growth Soil Sci. 103: 311 - 318.
- LORENZ O., A. and TYLER K., B. 1978. Plant tissue analysis of vegetable crops; soil and plant - tissue testing in California (Ed. H. Peinserver) Univ. Calif. Bull. No. 1879 Pp. 22 - 23.
- MAIZEL J., V.; BENSON A., A. and TOLBERT N., E. 1956. Identification of phosphoril choline as an important constituent of plant saps. Plant Physiol. 31: 417 - 408.

- MENGEL, K.; GRIMME, H. and NEMETH, K. 1986. Potencial and actual availability of plant nutrient soils. Landw Forsch 23/1 Sonderch. Pp. 79 - 91.
- MENGEL, K. and KIRKBY A.E. 1982. Principals of plant nutrition, International Potash Intitute. 3rd. Edition.
- MILLETTI, G. 1969. Observations of Cucumis Sativus L. in soiles-culture under glass. Proc. Ist. IWOSC. Pp. 1110 110.
- MORARD, P. 1970. Distribution of phosphorus, studied with the ra diactive isotope and with colorimetry, in nutrient solution. C.R. Acad. Sci. Serv. 270: 2075 - 2077.
- MORARD, P. and GARCIA, M. 1976. Efectos del nitrato de amonio en el contenido mineral del pepino. IWOSC. Proc. Forth Int. Congr. Soilles Culture. Pp. 199 -207.
- NORMAN A., G. 1959. Advances in Agronomy, Vol. XI, Academic Press. New York. Pp. 369 - 427.
- PENNIGSFELD, F. y KURSMANN, P. 1983. Cultivos hidropónicos y en turba. Ed. Mundi Prensa. Madrid España. Pp.49 - 64.

- RESH M., H. 1982. Cultivos hidropónicos, Nuevas técnicas de producción. Ed. Mundi Prensa. Madrid España.
- REYES C.P. 1981. Diseño de experimentos aplicados. Ed. Trillas, México. Pp. 31 - 200
- ROBSON A.D. and SNOWBALL, K. 1986. Nutrient deficiency and toxicity symptoms Plant Analysis, An Interpretation manual. Pp. 13 - 19 Australia.
- RODRIGUEZ C.E. 1986. El cultivo del pepino (Cucumis sativus L.) en hidroponia bajo el sistema de grava con subirrigación. Tesis profesional. Chapingo, México.
- RODRIGUEZ S.J. 1974. Sintomatología visual un intento de sistematización. Esc. Agronomía Depto. Suelos Univ. Católica de Chile. Santiago de Chile.
- SANCHEZ C.F. y ESCALANTE R.E. 1983. Un sistema de producción de plantas hidroponia. Principios y Métodos de cultivo. Patuach, México. 176 p.
- SCHREIBER, R. 1949. Effect of magnesium on the yield and the nutrient uptake of K_2O and Mg by cereals 2. Pflanzenernähr. Dung Bodenk. 48: 37 - 64.
- SCHWARZ, M. 1977. Guide to comercial hydroponics. Israel University. Press 4th. edition.

- SELMER - OLSEN, A.,R. and GEISLERØD H.,R. 1980
The responses of Chrysanthemum to variations in sal concentration when grown in recirculated nutrient solution Acta Horticulturae 98:201-210.
- SELMER O.,A.R. and GEISLERØD H.,R. 1988. Nutrient content of Chrysanthemum growth recirculated nutrient solution, Acta Horticulturae 98: 211 - 219.
- SERRANO C.,Z. 1974. Cultivo de hortalizas en invernadero. Biblioteca Agrícola. Aedos. Barcelona. España P 243
- STEINER A.,A. 1973. The selective capacity of tomato for inputs a nutrient solutions. Proc. 2d.IWOSC. Pp 43 - 53.
- STEINER A.,A. 1984. The universal nutrient solution. Proc. 6th IWOSC. Pp. 633 - 649
- SUTTON C.,D. 1969. Effect on low soil temperature on phosphate nutrition plants: a review. J. Sci. Food Agro. 20 1 - 13.
- UNION CARBIDE 1983. Ciftford y la asimilación de fósforo en las plantas. Boletín técnico Unicarb Industrial, S.A. C.V. Depto. de Agroquímicos 5 / 83.
- WILLIAMS E.,G. 1959. Influences of parent material and dramage conditions on soil phosphorus relationships. Agroquímica. 3: 279.