

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL AZUFRE EN EL  
DESARROLLO DE LA PLANTA DE FRIJOL EMPLEANDO  
EL METODO HIDROPONICO.**

**HELIA**

**RODRIGUEZ**

**BALCAZAR**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

---

FACULTAD DE QUIMICA

- Estudio de la Influencia del Azufre en el Desarrollo de la Planta de Frijol Empleando el Método Hidropónico.



QUIMICO

T E S I S

Que para obtener el título de :

Q U I M I C O

p r e s e n t a :

HELIA RODRIGUEZ BALCAZAR

JURADO ASIGNADO ORIGINAL-  
MENTE SEGUN EL TEMA.

PRESIDENTE.- FRANCISCO GIRAL.

VOCAL.- ENRIQUE GARCIA GALIANO.

SECRETARIO.- ALICIA BENITEZ DE A.

1er. SUPLENTE. BERTHA SOTO DE V.


2do. SUPLENTE. ENRIQUE FUENTES C.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA.- "GUANOS Y FERTILIZANTES DE  
MEXICO", S. A.

SUSTENTANTE

  
HELIA RODRIGUEZ BALCAZAR.

ASESOR DEL TEMA

  
ALICIA BENITEZ DE ALTAMIRANO.

A mis padres:

que han sido la guía de mi vida, con todo mi cariño los dedico este sencillo trabajo

A mis hermanos

Beatriz, Manuel, Othón y Carlos, por la ayuda incondicional que siempre he recibido de todos ellos.

A mi abuelita:

cariñosamente por su ternura y comprensión que siempre me han acompañado.

A mis maestros:

especialmente con inmensa gratitud a la  
Sra. Alicia B. de Altamirano por su atinada  
orientación para la elaboración de  
este trabajo.

A los dirigentes de la empresa "Guanos y Fer-  
tilizantes de México" (Unidad Cuautitlán)  
y muy particularmente con todo respeto  
y gratitud por el apoyo que me brinda-  
ron tanto moral como material a los Sres.  
Ing. Jaime Sordo y Jorge Cobián M.

# INDICE

Pag.

## CAPITULO I.- DESCRIPCION DEL METODO HIDROPONICO.

I).- Ventajas de este tipo de cultivo. . . . .	1
II).- Elementos nutrientes . . . . .	2
III).- Funciones más importantes de los <u>princi</u> pales nutrientes . . . . .	7
IV).- Materiales y medios de sostén . . . . .	8

## CAPITULO II.- PARTE EXPERIMENTAL.

I).- Material empleado . . . . .	13
II).- Medio de sostén . . . . .	13
III).- Solución nutritiva . . . . .	16

### MÉTODOS EMPLEADOS.

a).- Determinación de sulfatos . . . . .	16
b).- Determinación de nitrógeno . . . . .	17
c).- Determinación de fósforo. . . . .	17

### MÉTODOS COLORIMÉTRICOS.

a).- Determinación de nitrógeno . . . . .	18
b).- Determinación de fosfatos . . . . .	19

## CAPITULO III.- CULTIVO EFECTUADO CON SOLUCION NUTRIENTE COMPLETA.

I).- Sustancias empleadas para la elaboración de la solución y análisis preliminar de - la misma (cálculos) . . . . .	20
II).- Observaciones y análisis de aguas resi- duales efectuados durante el desarrollo de la planta . . . . .	21
III).- Análisis de la planta una vez <u>completa</u> de su ciclo de crecimiento . . . . .	26

**CAPITULO IV.- CULTIVO EFECTUADO CON SOLUCION QUE NO CONTIENE AZUFRE.**

- I).- *Substancias empleadas para la elaboración de la solución y análisis preliminar de la misma . . . . .* .29
- II).- *Observaciones y análisis de aguas residuales efectuados durante el desarrollo de la planta . . . . .* . 29
- III).- *Análisis de la planta una vez completado su ciclo de crecimiento . . . . .* . 34

**REPRESENTACION GRAFICA DE LA ASIMILACION DE LOS PRINCIPALES NUTRIENTES EN AMBOS CULTIVOS . . . . .** .36

**CONCLUSIONES . . . . .** .38

**BIBLIOGRAFIA . . . . .** .40



## I N T R O D U C C I O N .

El objeto del trabajo efectuado es dar a conocer, mediante un estudio hidropónico la influencia que tiene el azufre en el desarrollo de ciertos cultivos. En la actualidad se considera al azufre como uno de los principales nutrientes cuya importancia lo coloca al nivel en que están el nitrógeno, el fósforo y el potasio (13). Esta importancia se ha hecho notar en los últimos años a través de los datos estadísticos sobre el consumo del sulfato de amonio, fertilizante químico que lleva azufre como parte constitutiva de su molécula. Comparativamente se presentan datos sobre la producción de sulfato de amonio, superfosfato simple y superfosfato triple durante el año de 1965. (21)

	Tons.	Contenido de azufre.
Sulfato de amonio	130,471	24 %
Superfosfato simple	93,385	12 %
Superfosfato triple	20,516	0 %

Para el desarrollo de este trabajo se seleccionó a la planta del frijol por ser uno de los productos básicos en la alimentación del pueblo mexicano, y además, por ser un cultivo que se presta para efectuar estudios hidropónicos por su tamaño y por su período de floración relativamente corto. -- Respecto al método hidropónico fue seleccionado por el fácil manejo que presenta para este tipo de trabajo ya que el azufre puede ser eliminado completamente de la alimentación del cultivo; no siendo así si se hubiera efectuado en tierra.

## C A P I T U L O I

### DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO HIDROPÓNICO.

La idea del crecimiento de las plantas sin suelo no es nueva ya que el uso de soluciones nutritivas data de hace más de 100 años, pero con recordar que Woodward en 1699 (12) logró hacer crecer "Hierba Buena" en agua solamente queda establecida su fecha más antigua.

El término "Hidroponía" fue ideado por el profesor de fisiología vegetal de la Universidad de California llamado Gericke. (12)

Se entiende por "Hidroponía" el cultivo de las plantas sin tierra y éste a su vez es el método que consiste en proveer a las plantas de los alimentos de que tiene necesidad para su crecimiento, no por medio de su proveedor natural, la tierra, sino por medio de una solución acuosa de diversas sales minerales.

Con el método hidropónico se superan las condiciones que ofrece la tierra a las plantas, pues la tierra es un medio complejo que incluye materiales minerales más o menos solubilizados según el grado de acidez y humedad ambiente; sustancias orgánicas, microorganismos, etc. Estos elementos no siempre están en proporción adecuada y también pueden ser inconvenientes.

#### I).- VENTAJAS DE ESTE TIPO DE CULTIVO.

En primera, la producción es mucho mayor utilizando solución que tierra puesto que el espacio es más reducido en el primero que en el segundo.

El sistema hidropónico es muy limpio y también se puede plantar en cualquier época del año tomando en consideración

.... /

las condiciones de clima y si el cultivo está o no a la intemperie.

La producción de soluciones nutritivas puede ser hecha en cualquier parte, en cambio en suelo, tiene que ser fértil para poder cultivar plantas en él.

También se puede decir que en el método hidropónico las plagas o insectos no existen y si llegan a desarrollarse la desinsectación sería fácil, rápida y efectiva.

Por otro lado, se eliminan con el método hidropónico -- factores limitativos en cultivos normales como son las áreas necesarias para que la planta encuentre su nutrición, riego o temporales lluviosos oportunos, etc. Por este método, como la raíz tiene los elementos nutritivos a su alcance inmediato, estas son pequeñas, y además, la planta no necesita -- de un gran esfuerzo en satisfacer sus necesidades.

Este método tiene desventajas relativas en un programa de desarrollo en gran escala ya que los costos de las instalaciones necesarias podrían ser elevados. Además, el manejo técnico deberá ser más acucioso que el usado en un cultivo normal.

## II).- ELEMENTOS NUTRIENTES.

El agua es el principal elemento que interviene en el crecimiento de la planta. De ella y del aire obtiene tres -- elementos químicos principales: carbono, oxígeno e hidrógeno los cuales constituyen el 90% de la parte sólida de todos -- los vegetales. Además de estos elementos, las plantas contienen nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y AZUFRE (S), elementos nutritivos muy importantes que se encuentran generalmente desproporcionados en la tierra de la cual los obtienen. Además de éstos existen otros elementos que se encuentran en

...../

menores proporciones pero que sin embargo son tan importantes para el crecimiento de la planta como los primeros.

Las plantas, para su desarrollo evolutivo de germinación, desarrollo, floración y fructificación necesitan de catorce elementos (16) que son: N, K, Ca, P, Mg, B, C, Cu, Fe, H, O, Mn, S, y Zn. Casi todos ellos se encuentran en la tierra al estado de sales minerales compuestas. Estas mismas sales -- son empleadas en hidroponía para la preparación de soluciones nutritivas.

La importancia de la preparación y utilización de la solución nutritiva se entenderá después de una breve explicación del proceso de la vida de las plantas generalmente conocido como "Síntesis fotoquímica": las plantas al estado natural obtienen mediante un proceso de ósmosis a través de sus raíces el agua y sustancias alimenticias. Las raíces segregan ácidos que ayudan a la disolución de los minerales utilizables y existentes en la tierra. También sirven las raíces como depósitos de productos asimilados, especialmente féculas. El tallo y las ramas actúan como sistema interior de transporte de líquidos contentiendo aquellas sales absorbidas por las raíces. Las soluciones circulantes en el interior de las plantas son conocidas con el nombre de savia bruta y elaborada. Es en las hojas donde las sustancias alimenticias absorbidas por las raíces y convertidas en savia son utilizadas por un proceso llamado síntesis clorofítica del cual mediante la luz solar la planta obtiene la energía indispensable para su subsistencia y reproducción. (8)

Someramente explicado éste es el ciclo vital que cumplen las plantas al desarrollarse normalmente en las condiciones ofrecidas por la tierra.

...../

Con el método hidropónico la planta debe encontrar las mismas condiciones ambientales que le ofrece la naturaleza, o superarlas como de hecho ocurre, con lo cual las reacciones químicas en el interior del tejido vegetal quedarán facilitadas. De ahí la importancia esencial de la solución nutritiva artificial que es el fundamento de la hidroponía.

La solución nutritiva está compuesta de agua y de algunas sales minerales (14). El agua que va a emplearse puede ser de cualquier origen siempre y cuando sea químicamente potable.

En las experiencias realizadas se empleó agua destilada poco costosa cuando las pruebas se realizan en gran escala (2). Además de que no contiene oligoelementos (23) que a pesar de su escasa concentración ejercen acciones de importancia con un mecanismo biológico. El agua de lluvia es ideal para estas experiencias porque puede considerarse prácticamente pura; además de que contiene agregados los referidos oligoelementos pero no siempre tiene la misma composición.

Con respecto al empleo de las sales minerales que intervienen en la fabricación de la solución nutritiva se comprende que los elementos menores no será necesario agregarlos cuando se empleen fertilizantes comerciales (por estar contenidos en sus impurezas) (7) pero sí lo será cuando se parta de sustancias químicamente puras.

Puede decirse también que no vale la pena tratar de elevar el rendimiento de un cultivo mediante la adición de fertilizantes, pues se sabe que cuando es agregada cierta -

...../

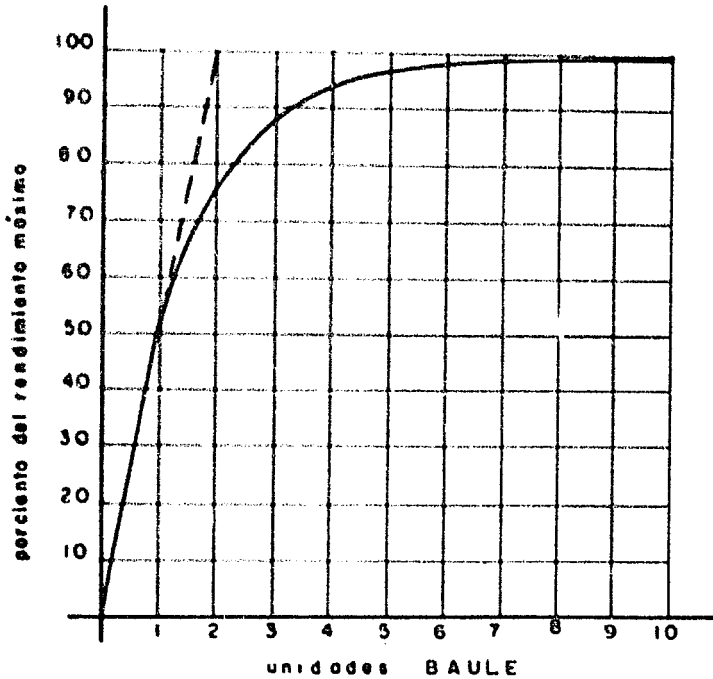
cantidad de nutriente se obtiene un determinado rendimiento; pero si dicha cantidad es puesta al doble no se obtendrá el máximo del rendimiento, sino que éste disminuye en una proporción que fué determinada por Eitscherlich (22) de la siguiente manera; supongamos que una cantidad de fertilizante nos produce un rendimiento de 100g, si se agrega el doble del nutriente no se obtendrán 200 g, sino que el rendimiento será de 150 g, es decir, en esta segunda adición se logró un 50% sobre el primer resultado; si es agregado el triple, se obtendrán 175 g o sea el 50% del 2o. rendimiento.

Así vemos que las cantidades de fertilizante pueden duplicarse ó triplicarse que el rendimiento no aumenta en la misma proporción, sino que se va haciendo gradualmente más pequeño mientras más cerca se halla del rendimiento máximo.

Esto puede explicarse mediante una gráfica donde el eje de las abscisas muestra las unidades Baule ("cantidad de cualquier factor de crecimiento capaz de producir el 50% del rendimiento máximo") y el eje de las ordenadas muestra el % del rendimiento máximo.

La línea punteada representa el rendimiento ideal, es decir, si éste aumentara proporcionalmente a la cantidad de nutriente colocado. La línea continua nos muestra el rendimiento real; como puede apreciarse la curva sube rápidamente pero a medida que se va agregando más nutriente, la curva comienza gradualmente a aplanarse y tiende a ser asintótica al eje horizontal (nunca será completamente paralela al eje de las abscisas).

...../



Las cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio capaces de producir el 50% del rendimiento máximo fueron establecidas a través de numerosos experimentos en plantas vivas por Baule. Dichas cantidades son las siguientes:

1 Baule de nitrógeno .....	247 Kg/Ha	N
1 Baule de fósforo .....	50 "	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1 Baule de potasio .....	92 "	K <sub>2</sub> O

Utilizando estos valores puede calcularse hasta donde resulta económico aplicar los fertilizantes. Tenemos que - en la gráfica traada el pronunciado aplanamiento de la curva a partir de los 7 Baules sugiere que no vale la pena tra

...../

tar de elevar los rendimientos más allá de este punto mediante la adición de fertilizantes.

Concluyendo, diremos que a partir de los 4-5 Baules, el aumento en el rendimiento es tan pequeño que la aplicación de cantidades adicionales resulta incosteable.

### III).- FUNCIONES MAS IMPORTANTES DE LOS PRINCIPALES NUTRIENTES.

Las funciones más importantes de los catorce elementos constituyen la base práctica de la hidroponía. (12)

El nitrógeno es un factor de composición muy importante para la producción de proteínas en la planta y promueve el crecimiento del follaje.

El fósforo es un factor de reproducción, pues estimula la producción de flores y frutos.

El potasio interviene en el crecimiento, ya que juega una parte importante en la síntesis del azúcar y el almidón contenidos en la planta.

El calcio evita la toxicidad por exceso de sodio y magnesio.

El magnesio es muy importante para la vida vegetal porque es uno de los principales constituyentes de la clorofila.

El azufre es esencial para la formación de las proteínas. Aunque no se ha podido comprobar estrictamente la relación directa que pueda existir entre el azufre y el nitrógeno, resulta evidente que los sulfatos aumentan el contenido de nitrógeno en las plantas, por lo tanto influye también en el crecimiento, y su ausencia aumenta el desarrollo de las raíces e impide la formación de clorofila, aunque no la integra directamente.

...../



#### IV).- MATERIALES Y MEDIOS DE SOSTEN.

Por otra parte, el recipiente que va a emplearse para -- efectuar la siembra deberá reunir una serie de condiciones -- que son indispensables para un mejor resultado. En primera\_ deberán tener impermeabilidad y opacidad; así se evitara la pérdida de solución y la acción de la luz que es dañina para\_ las raíces. El tamaño de los recipientes es optativo en cuan\_ to a largo y ancho pero con respecto a su profundidad no debe\_ rd en ningún caso ser menor de 20 cm. ni mayor de 30 cms. (5). Una profundidad mayor presenta el inconveniente de emplear -- cantidades abundantes e innecesarias de solución nutritiva. -- Para la eliminación de la solución nutritiva es conveniente -- que el recipiente tenga en el fondo un orificio obturable.

Los materiales de sostén (16) se usan con el fin de que\_ las plantas al desarrollarse encuentren apoyo pudiendo sus -- raíces fijarse. Puede emplearse por ejemplo la arena que no\_ es sustituto de la tierra puesto que no contiene los elemen\_ tos nutritivos naturales de ésta. La arena es un mineral iner\_ te, neutro, que únicamente tiene la finalidad antes señalada. No todos los tipos de arena sirven para este objeto. En pri\_ mer lugar, la arena debe estar libre de cualquier elemento -- químico extraño sin excluir la sal, por lo tanto la arena de\_ mar no sirve. La arena debe estar limpia, sin elementos orgá\_ nicos que puedan contener gérmenes microbianos y parasitarios capaces de dañar las raíces e infectar tallos y hojas.

La arena empleada en hidroponía es arena común y corrien\_ te obtenible de mina, ríos, lagunas y arroyos de agua dulce.

Sin embargo, el uso de sílice o arena de cuarzo como me\_ dio de sostén para el crecimiento de la planta ha sido siempre\_ bien aceptado y muy adecuado en la mayoría de los casos. Pe-

...../

ro los trabajos efectuados por la Estación Experimental de Agricultura de Arizona en 1962 (10) encontró unos pequeños residuos de fierro en la arena aún después de muchos días de lavar con HCl concentrado. De ésta observación fué requerido un análisis detallado del fierro aumentado al exámen de la planta.

De aquí se llegó a la conclusión de que una cama de polietileno sería un inmejorable medio de soporte.

El tamaño de los trocitos será aproximadamente de 5 mm. de diámetro. Particularmente en las experiencias realizadas en la elaboración de ésta tesis con este tipo de material se encontró que el sostén que ofrecía no era el suficiente para el peso de la planta y que además la aereación de la solución no es suficiente. Por lo tanto, el desarrollo del cultivo es raquítico en comparación al efectuado en la piedra de teontle que gracias a su gran capacidad de retención de agua, a su porosidad y a su esterilidad dá resultados superiores a los del polietileno y permite disminuir la frecuencia de las irrigaciones.

La ubicación de los recipientes de cultivo debe estar de acuerdo con la clase de plantas que se piense cultivar. Se sabe que hay plantas que requieren del sol; otras que son muy sensibles a los cambios de temperatura como aires fuertes, lluvia, heladas; otras que en la sombra se desarrollan perfectamente. Así que el sitio deberá seleccionarse de acuerdo con la planta que se va a cultivar. Generalizando, el sitio más adecuado será en donde no existan corrientes de aire ni cambios bruscos de temperatura.

Una vez listo el recipiente conteniendo el elemento sostén y la solución nutritiva puede iniciarse el cultivo con -

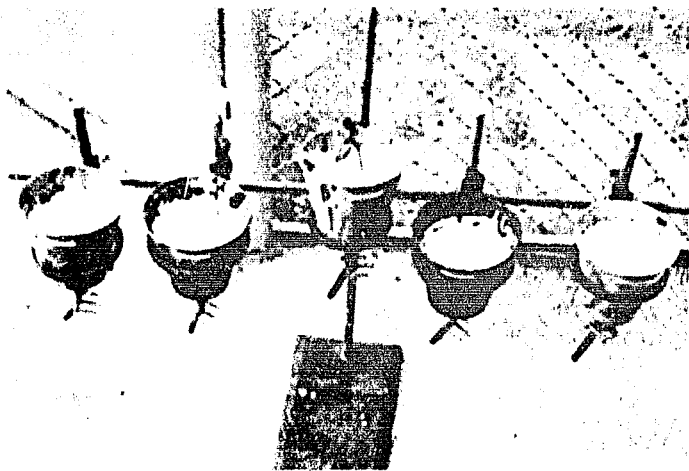
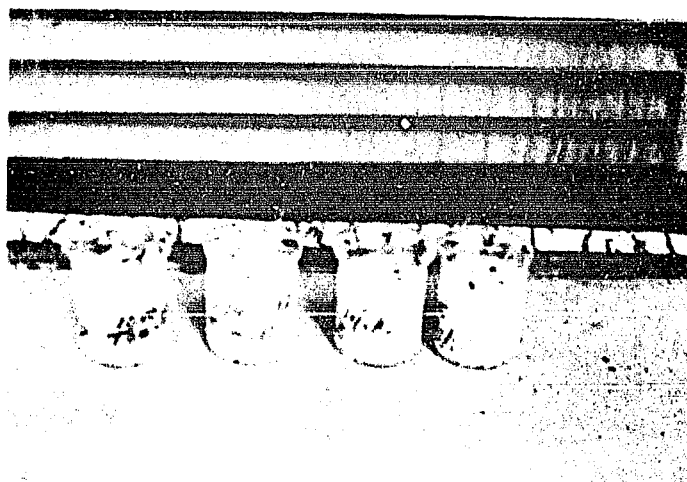
...../

semillas, gajos o trasplante.

Estas fueron otras razones por las que se escogió la - -  
planta del frijol para esta experiencia ya que las condiciones  
del laboratorio fueron muy propicias para su máximo desarro-  
llo.

PRUEBAS EFECTUADAS USANDO COMO MEDIO DE SOSTEN POLIETILENO  
GRANULADO.

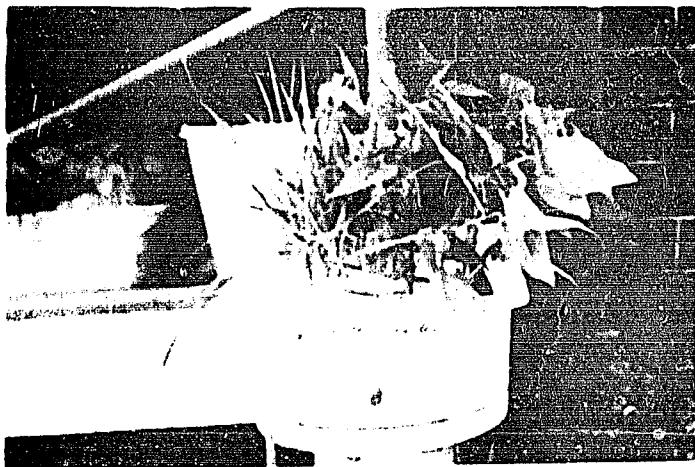
*Semillas eficientemente germinadas.*



*Transplante a un recipiente mayor.*



*Las plantas de trigo y frijol empiezan a inclinarse, por lo tanto han crecido con un sostén ineficaz.*



## C A P I T U L O II.

### PARTE EXPERIMENTAL.

#### I).- MATERIAL EMPLEADO.

Los recipientes utilizados fueron de plástico (charolas y cubetas) a los cuales se les hizo un pequeño orificio en la parte lateral casi en el fondo que se cubrió con un tapón de hule horadado y un pequeño tubo de hule (10 cm.) cerrado por medio de una pinza con el objeto de drenar la solución nutriente para su análisis correspondiente sin necesidad de usar un sistema de sifón.

#### II).- MEDIO DE SOSTEN.

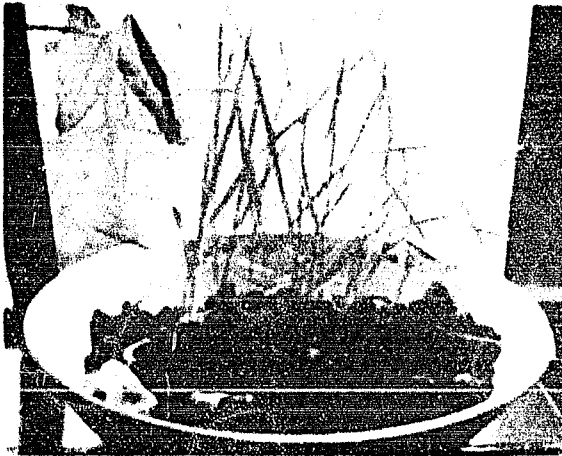
Primero se hicieron experiencias con trocitos de polietileno los cuales no dieron el resultado deseado debido a su difícil manejo. Esto es porque no ofrecen el sostén necesario para la planta, solamente cuando ésta es pequeña, es decir -- cuando empieza su desarrollo el es funcional el polietileno; pero una vez que la planta ha adquirido un tamaño más o menos regular, el sostén es insuficiente por lo ligero del plástico y aumentado por el desplazamiento del material en cada reposición de la solución nutritiva. Otro inconveniente es que no tiene la porosidad necesaria para retener una cantidad de oxígeno suficiente para alimentar el cultivo sin necesidad de la continua aereación del líquido. Es por esto que se eliminó el polietileno en las experiencias posteriores y definitivas.

El tezontle fue el que mejor resultado dió para éste tipo de experiencias después de haber practicado también con -- arena de mina.

El tezontle fue seleccionado en su tamaño de más o menos

...../

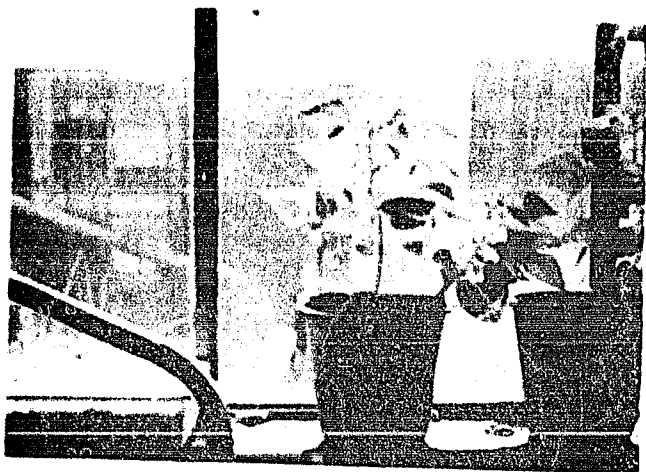
SELECCION DEL MEDIO DE SOSTEN.



*Trigo en tesontle. Buen  
crecimiento, buen sos-  
tén.*

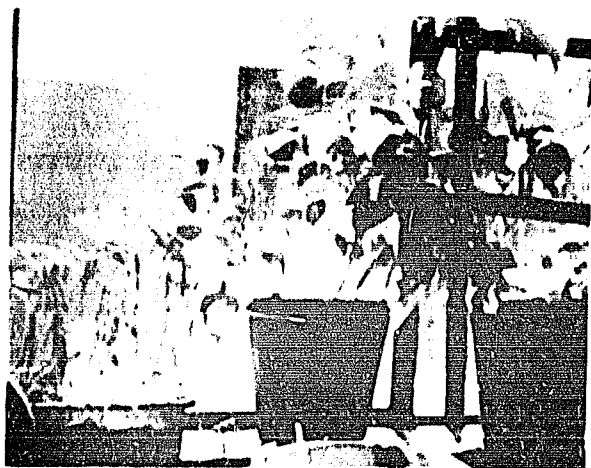


*Frijol en tesontle. Buen  
crecimiento, buen sostén.*



Frijol en texon  
tle (planta más  
grande).  
Trigo totalmen-  
te caído (en --  
plástico).  
Cultivo de 4 se-  
manas.

Completo crecimi-  
ento del frijol -  
con excelente sos-  
tén (SELECCIONADO).  
Trigo caído y se-  
co por falta de -  
sostén (ELIMINADO).





0.5 a 1cm. de diámetro; lavado perfectamente con agua común y corriente y después de enjuagado con agua destilada. Para tener certeza de la pureza del material, una vez lavado y se co se molió un poco a 60 mallas con el objeto de hacerle un - preuoto análisis cuyos resultados se indican a continuación:

N <sub>2</sub>	14 ppm
P	4 ppm
S	0 ppm

### III).-SOLUCION NUTRIENTE.

El agua empleada para la elaboración de éstas soluciones fué desmineralizada teniendo el inconveniente de que aunque - no es costoso cuando los cultivos se hacen en gran escala - para éste tipo de experiencias resulta ideal.

Las sustancias químicas utilizadas fueron selecciona -- das entre las químicamente puras ya que deben tomarse en cuen ta los oligoelementos en éste tipo de sustancias porque los fertilizantes comerciales los contienen en sus impurezas (23), pero no se sabe si están en la proporción necesaria para los cultivos tan pequeños que se llevaron a cabo ( 1 a 2 plantas en cada recipiente).

### MÉTODOS EMPLEADOS.

Los datos correspondientes a los cambios de solución, al análisis preliminar de la solución nutriente, etc. son resultado del promedio de 10 análisis en cada determinación (asu-- fre, nitrógeno y fósforo).

#### a).- DETERMINACION DE SULFATOS (20).

Se empleó el método gravimétrico de la precipitación co mo BaSO<sub>4</sub>. Una alícuota se acidula con HCl; se calienta hasta la ebullición y se precipita con BaCl<sub>2</sub>; se filtra en papel ce rrado ( E.j. Wattman # 42); se lava con agua caliente; se cal-

..../

cina en un crisol previamente tarado; se pesan las cenizas y la diferencia de pesos representa el valor de  $BaSO_4$  en gramos que multiplicado por el factor  $\frac{SO_4}{BaSO_4}$  nos dará la cantidad de  $SO_4$  contenidos en la alícuota tomada primeramente.

b).- DETERMINACION DE NITROGENO. (II)

El método de destilación para nitrógeno de nitratos y para nitrógeno total fué el que mejor resultó para éste tipo de análisis.

PROCEDIMIENTO.

Nitrógeno de Nitratos.- Una alícuota de muestra puesta en el matrón de Kjeldahl es tratada con sulfato ferroso y zinc pulverizado, agua destilada y 50 ml. aproximadamente de sosa al 40 %. Se destila recibiendo el nitrógeno en forma de amoníaco desprendido en una solución de ácido sulfúrico. El exceso de  $H_2SO_4$  se retitula con  $NaOH$  de la misma normalidad.

Esta determinación se utilizó para el análisis de la solución nutritiva y de los cambios efectuados; pero para el análisis del nitrógeno de la planta se hicieron unos preparativos en la muestra antes de la destilación.

Nitrógeno total.- Una cantidad pesada de la planta, colocada en un matrón Kjeldahl es tratada con una mezcla de ácido sulfúrico y ácido salicílico; se agita unos minutos y se le adiciona tiosulfato de sodio; se calienta otros minutos se enfría y se agrega sulfato de potasio y unos cristales de sulfato de cobre; se digiere hasta quedar clara y transparente. - Una vez fría, se le agrega agua; indicador de fenolftaleína y  $NaOH$  al 40%. Hasta entonces se procede con la destilación mencionada.

c).- DETERMINACION DE FOSFORO (I).

Otro de los nutrientes importantes, el fósforo, se ana-

...../

lidad precipitándolo como fosfomolibdato de amonio (1). Consiste el método en tomar una alícuota y tratarla con  $NH_4OH$ ; neutralizar hasta quedar ligeramente ácido con  $HNO_3$ ; calentar y precipitar con molibdato de amonio en solución nítrica; enfriar y filtrar con vacío y papel muy cerrado; lavar perfectamente hasta que el agua de lavado no de reacción ácida; disolver el precipitado junto con el papel en un exceso de  $NaOH$  y retitular con  $HCl$  de la misma normalidad.

#### MÉTODOS COLORIMÉTRICOS.

Otros métodos empleados fueron los colorimétricos para la determinación del  $N$  y  $P$ ; pero se deshecharon por el inconveniente que presentaba la coloración del agua de los cambios efectuados. Solamente la solución inicial podía analizarse directamente.

#### a).- DETERMINACION DE NITROGENO.

Para los nitratos se empleó una solución de Brucina alcaloide en cloroformo como reactivo.

Esta prueba está basada en el desarrollo de un color ámbar producido por la reacción del reactivo en solución de ácido sulfúrico concentrado en presencia de los nitratos contenido en la muestra de agua.

#### REACTIVOS.

- 1).- Solución tipo de  $KNO_3$  (con esta solución se trazó la gráfica.
- 2).- Solución de brucina alcaloide.- Disolver 5 g. de brucina en 20 ml. aproximadamente de cloroformo y llevar a 100 ml. en matriz aforado.
- 3).- Acido sulfúrico concentrado.

...../

### PROCEDIMIENTO.

Mezclar una cantidad medida de solución-problema con unas gotas del reactivo de bPuctina y  $H_2SO_4$  concentrado. Dejar reposar y agregar una peca de agua. Enfriar a la temperatura ambiente y hacer la lectura en el fotocolorímetro. Este dato se lleva a la gráfica previamente trazada y se obtiene directamente las ppm.

### b).- DETERMINACION DE FOSFATOS.

Esta reacción está basada en la formación del ácido fosfomolibdico a través de la reacción del reactivo de molibdato con los fosfatos presentes en la muestra. El ácido fosfomolibdico es entonces reducido por el cloruro estanoso para formar un color azul el cual es proporcional a la cantidad de fosfatos presentes.

### REACTIVOS.

1).- Reactivo de Taylor.- Se disuelven 31.69 g. de  $Na_2MoO_4$  (q. P.) en un litro de agua; 139.5 ml. de  $H_2SO_4$  100% a un litro de agua; se mezclan las dos soluciones y se afora a 3 litros.

2).- Cloruro estanoso concentrado.- Se prepara con 11.2 g. de  $SnCl_2$  aforando a 200 ml. con HCl (q. P.).

### PROCEDIMIENTO.

A 10 ml. de muestra se le agregan 20 ml. de reactivo de Taylor más 5 ml. de cloruro estanoso preparado recientemente (1 ml. del concentrado llevado a 30 ml. con  $H_2O$  destilada); dejar reposar 10 minutos. La lectura se hace en el fotocolorímetro con filtro (rojo) No. 68 y cuba de 10 mm. Se lleva a la gráfica correspondiente y se obtienen las ppm.

...../

C A P I T U L O III.

CULTIVO EFECTUADO CON SOLUCION NUTRIENTE COMPLETA.

I).- SUBSTANCIAS EMPLEADAS PARA LA ELABORACION DE LA SOLUCION Y ANALISIS PRELIMINAR DE LA NISBA. (Cálculos).

Grames por 3.785 lts. ( 8 )

$KNO_3$	8.80	g
KCl	1.60	"
$H_2SO_4$	1.04	"
$FeSO_4$	0.01	"
Acido bórico	0.0056	"
$MnSO_4$	0.004	"
$CuSO_4$	0.0004	"
$ZnSO_4$	0.0004	"

Se da una solución elaborada con 0.354 g. de  $H_3PO_4$  y 0.238 g. de  $Ca_3(PO_4)_2$  para formar 0.54 g. por 3.785 litros de  $Ca(H_2PO_4)_2$

Nitrógeno.- (Método de destilación) (11)

Alícuota = 100 ml.

$H_2SO_4$  0.1 N utilizado = 5.8 ml.

Cálculos.-  $5.8 \times 0.1 \times 0.014 \times 1000 \times \frac{1000}{100} = 81$  ppm de nitrógeno.

La cantidad teórica también es de 81 ppm.

Fósforo.- (Método volumétrico).

Alícuota = 50 ml.

NaOH 0.324 N utilizado = 4.19 ml.

Factor de conversión  $\frac{2P}{P_2O_5} = 0.436$

...../

Cálculos.-

$$4.19 \times 0.324 \times 0.00309 \times 1000 \times \frac{1000}{30} = 84 \text{ ppm de } P_2O_5$$

$84 \times 0.426 = 37 \text{ ppm de fósforo.}$

La cantidad teórica es de 38 ppm.

Azufre.- (Método gravimétrico).

Alícuota empleada = 100 ml.

Peso del  $BaSO_4$  = 0.0285 g.

$$\text{Factor de conversión } \frac{S}{BaSO_4} = 0.137$$

Cálculos.-

$$0.0285 \times 0.137 \times 1000 \times \frac{1000}{100} = 39 \text{ ppm de azufre.}$$

## II).- OBSERVACIONES Y ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES EFECTUADOS DURANTE EL DESARROLLO DE LA PLANTA.

Se sembraron 4 semillas en texontle con una pequeña cantidad de lana de vidrio ( con objeto de mantener la humedad en la superficie). Un litro de solución nutritiva perfectamente medido con medida esforada fue la cantidad inicial para principiar el cultivo. A los cuatro días empezaron a aparecer las primeras raicillas de la semilla y a los nueve días ya habían brotado las dos primeras hojas. Solamente se dejó una planta en el recipiente.

A los 18 días los retoños brotaron en cantidad suficiente para alcanzar una altura aproximada de 15 cm. Siguió su desarrollo y a los 23 días el follaje era exuberante y la altura de la planta aproximadamente de 25 cm. El tamaño que alcanzaron las hojas fue de 10-12 cm. de largo.

En esta fecha (23 días) se efectuó el primer cambio de solución: se extrajo perfectamente todo el líquido del recipiente por el conducto que tenía en la parte inferior; después se

.....!

lavó con una poca de agua por 2 veces y a continuación se repuso el litro de solución nutritiva.

ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN DEL PRIMER CAMBIO.

NÚMERO DE ANÁLISIS.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NITRÓGENO ppm	10	10	9	8	6	7	6	6	10	10
FÓSFORO ppm	8	9	8	8	6	8	6	7	9	10
AZUFRE ppm	26	26	24	23	18	21	18	19	21	22

DATOS PROMEDIO.

Nitrógeno	8 ppm
Fósforo	8 ppm
Azufre	22 ppm

De esto se deduce que el nitrógeno fue asimilado casi en su totalidad al igual que el fósforo; sin embargo el azufre - fue requerido en menor proporción que los otros nutrientes explícándose como sigue:

Cantidades asimiladas por la planta durante los 23 primeros días:

Nitrógeno	72 ppm
Fósforo	29 ppm
Azufre	17 ppm

El segundo cambio de la solución se efectuó a los 10 días siguiente en la misma manera indicada.

Justamente en esta fecha se presentaron cambios notables en la planta como: la aparición de las primeras flores y la - de pequeños ejotes.

...../

ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN DEL SEGUNDO CAMBIO.  
NÚMERO DE ANÁLISIS.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NITRÓGENO ppm	4	3	0	0	0	1	0	0	3	4
FOSFORO ppm	10	9	6	8	6	8	6	6	8	9
AZUFRE ppm	29	27	23	25	17	18	19	18	20	20

DATOS PROMEDIO.

Nitrógeno 2 ppm

Fósforo 3 ppm

Azufre 25 ppm

Cantidades extraídas por la planta durante los siguientes 10 días o sea a los 33 días de iniciado el cultivo:

Nitrógeno 79 ppm

Fósforo 29 ppm

Azufre 17 ppm

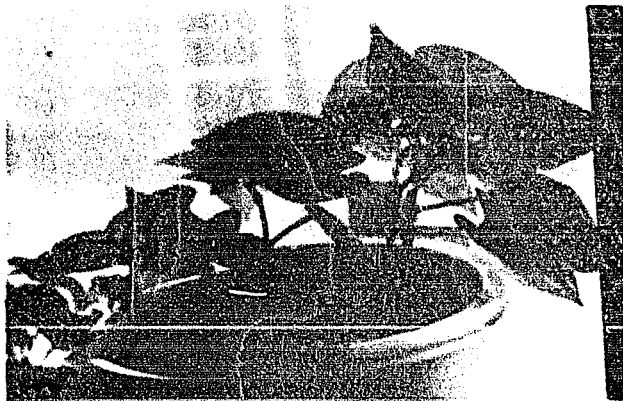
En esta etapa el requerimiento de nitrógeno por la planta fue mucho mayor que en la anterior de ahí lo frondoso de su follaje.

A los 37 días eran ya un gran número de flores y los ejotes continuaron creciendo rápidamente alcanzando su máximo de desarrollo a los 45 días de iniciado el cultivo. En esta época se consideró que era el tiempo justo para suspender la práctica ya que la planta todavía estaba verde y los ejotes no pasaban a ser frijoles.

...../



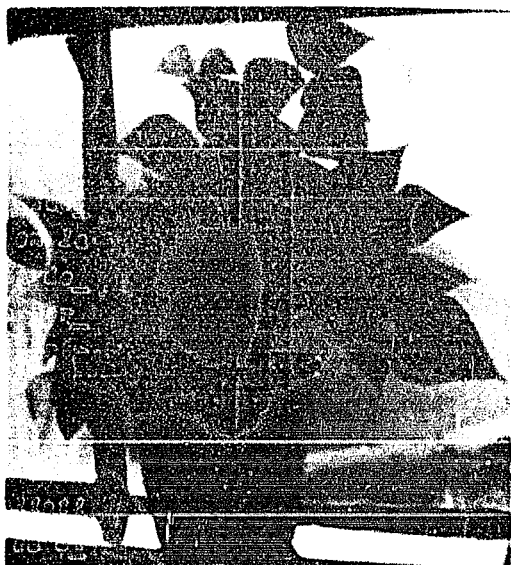
**CRECIMIENTO DE PLANTAS DE FRIJOL CON SOLUCION NUTRIENTE COM-  
PLETA.**



*Cultivo de 3 semanas: desarro-  
llo normal, follaje abundante.*



*Cultivo de 4 semanas: follaje  
abundante, sin vainas.*



Cultivo de 5 semanas:  
folleaje color verde intenso, aparición de flor y -  
fruto.



Cultivo de 6 semanas:  
vaines perfectamente de-  
sarrolladas.

**ANALISIS DE LA SOLUCION FINAL.  
NUMERO DE ANALISIS.**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NITROGENO ppm	5	4	1	2	0	0	0	1	3	4
FOSFORO ppm	6	7	3	2	3	4	2	1	6	6
AZUFRE ppm	25	26	18	19	16	16	16	15	23	24

**DATOS PROMEDIO.**

Nitrógeno	2 ppm
Fósforo	6 ppm
Azufre	20 ppm

Cantidades asimiladas por la planta en su última fase de desarrollo:

Nitrógeno	79 ppm
Fósforo	33 ppm
Azufre	19 ppm

Aquí se observa que la asimilación del nitrógeno fue semejante a la anterior etapa con ligeras variaciones en el fósforo y azufre.

**III).- ANALISIS DE LA PLANTA UNA VEZ COMPLETADO SU CICLO DE CRECIMIENTO.**

**PRODUCTO FRESCO.  
NUMERO DE ANALISIS.**

	1	2	3	4	5
PESO DEL POLLAJE	71.7	78.1	73.3	77.4	73.0
PESO DEL FRUTO	34.1	48.1	59.8	60.4	40.6
PESO TOTAL DE LA PLANTA.	105.8	126.2	133.1	137.8	113.6

....!

	PROMEDIO	PORCENTAJE.
Peso del follaje	74.7 g	60.6 %
Peso del fruto	48.6 g	39.4 %
Peso total de la planta.	123.3 g	

El producto fue secado a 100-105°C durante 36 horas obteniéndose una pérdida de agua aproximada al 80% del peso de la planta, el cual quedó así:

**PRODUCTO SECO.**

**NUMERO DE ANALISIS.**

	1	2	3	4	5
PESO DEL FOLLAJE	12.8	20.9	16.7	22.3	15.0
PESO DEL FRUTO	3.3	6.0	6.1	8.5	5.1

	PROMEDIO	PORCENTAJE
Peso del follaje	17.8 g	5.4 %
Peso del fruto	5.8 g	16.6 %

Después el producto seco se calcinó produciendo las cenizas un peso total de 1.72 g.

**PRODUCTO CALCIVADO  
(CENIZAS)**

**NUMERO DE ANALISIS**

	1	2	3	4	5
PESO TOTAL DE CENIZAS	1.10	1.78	2.18	2.40	1.17
PESO DEL FOLLAJE	0.98	1.56	1.70	1.78	1.08
PESO DEL FRUTO	0.12	0.22	0.42	0.62	0.09

	PROMEDIO	PORCENTAJE
Peso total de cenizas	1.72 g	
Peso del follaje	1.42 g	82.6 %
Peso del fruto	0.30 g	17.4 %

...../

Una vez obtenidas las cenizas se procedió al análisis -- del nitrógeno, fósforo y azufre.

Debe mencionarse que previamente al secado de la planta - se seleccionaron 1 g. de follaje y un g. de fruto como muestra representativa del cultivo. Esto fue con el objeto de efectuar la determinación del nitrógeno en la planta sin que el resultado pudiera tener alteraciones debido a que con el calentamiento de la planta el nitrógeno existente pudiera volatilizarse.

DETERMINACIONES DE N. P. S.

NUMERO DE ANALISIS.

	1	2	3	4	5
NITROGENO ppm	24,913	29,537	46,690	49,630	27,480
POSFORO ppm (follaje)	28	38	42	51	39
POSFORO ppm (fruto)	49	61	75	63	56
AZUFRE ppm (follaje)	35	48	52	60	40
AZUFRE ppm (fruto)	26	39	41	48	29

PROMEDIO

Nitrógeno ppm	35,490 ppm
Fósforo ppm (follaje)	38 ppm
Fósforo ppm (fruto)	65 ppm
Azufre ppm (follaje)	47 ppm
Azufre ppm (fruto)	37 ppm

...../

## C A P I T U L O IV.

### CULTIVO EFECTUADO CON SOLUCION QUE NO CONTIENE AZUFRE

#### 1).- SUBSTANCIAS EMPLEADAS PARA LA ELABORACION DE LA SOLUCION Y ANALISIS PRELIMINAR DE LA MISMA.

Gramos por 3.785 lts.

$KNO_3$	2.80	g
KCl	1.60	"
$MgCl_2 \cdot H_2O$	1.04	"
$FeCl_3 \cdot H_2O$	0.10	"
Acido bórico.	0.0056	"
CuCl	0.0004	"
ZnO	0.0004	"

Se hizo una solución elaborada con 0.384 g de  $H_3PO_4$  y 0.238 g. de  $Ca_3(PO_4)_2$  para formar 0.54 g de  $Ca(H_2PO_4)_2$  por 3.785 lts.

#### Análisis de la solución Nutrientes:

Nitrógeno	84 ppm
Fósforo	46 ppm
Azufre	0 ppm

#### II).- OBSERVACIONES Y ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES EFECTUADOS DURANTE EL DESARROLLO DE LA PLANTA.

La experiencia se realizó de manera semejante que en el primer experimento, utilizando el mismo sostén, la misma cantidad de solución nutriente y el mismo ambiente, ya que los cultivos fueron realizados simultáneamente.

El desarrollo en sí de la planta en sus principios fue semejante en ambos casos: los primeros brotes se efectuaron a los 4 días de iniciado el cultivo; a los 9 días sus primeras

...../

hojas hicieron su aparición (aquí se seleccionaron las plantas dejando solamente una en el recipiente).

A los 18 días los retoños fueron abundantes adquiriendo un tamaño aproximado de 15 cm. Continué desarrollándose pero a los 23 días en que se llevó a cabo el primer cambio de solución las hojas inferiores empezaron a presentar un ligero color amarillento. A los 30 días comenzaron a brotar flores en menor número que en el caso contrario, a los 33 días hicieron su aparición los primeros ejotes pequeños. Estos se desarrollaron normalmente aunque para los 45 días en que se suspendió el cultivo tanto el follaje como los frutos no habían alcanzado un tamaño y una cantidad como en la otra experiencia.

Los cambios de solución se efectuaron en la forma indicada en el primer experimento.

ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN DEL PRIMER CAMBIO.  
NÚMERO DE ANÁLISIS.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NITROGENO ppm	12	10	15	15	14	13	21	20	18	19
FOSFORO ppm	32	31	41	42	35	33	43	42	44	46.

DATOS PROMEDIO.

Nitrógeno 16 ppm  
Fósforo 39 ppm

Como puede observarse, la asimilación de los 2 nutrientes principales fue menor que en el otro cultivo.

Cantidades asimiladas por la planta:

Nitrógeno 68 ppm  
Fósforo 7 ppm

...../

**ANALISIS DE LA SOLUCION DEL SEGUNDO CAMBIO.**  
**NUMERO DE ANALISIS.**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NITROGENO ppm	14	15	16	17	15	16	26	27	25	25
POSFORO ppm	1	0	2	3	1	2	9	8	4	5

**DATOS PROMEDIO.**

Nitrógeno 20 ppm

Fósforo 4 ppm

Cantidades asimiladas por la planta:

Nitrógeno 64 ppm

Fósforo 42 ppm

Aquí el requerimiento de fósforo fue mayor, permaneciendo el del nitrógeno constante. Esto tal vez causó el raquitismo en el cultivo porque como ya se dijo antes, el nitrógeno es el principal influyente para el desarrollo del follaje.

**ANALISIS DE LA SOLUCION FINAL.**  
**NUMERO DE ANALISIS.**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NITROGENO ppm	1	1	2	2	1	2	8	8	4	5
POSFORO ppm	3	2	5	5	4	4	9	10	6	8

**DATOS PROMEDIO.**

Nitrógeno 4 ppm

Fósforo 6 ppm

En esta última etapa la necesidad del cultivo por los nutrientes fue mayor que en las anteriores como puede observarse en la asimilación que fue:

Nitrógeno 82 ppm

Fósforo 40 ppm

...../

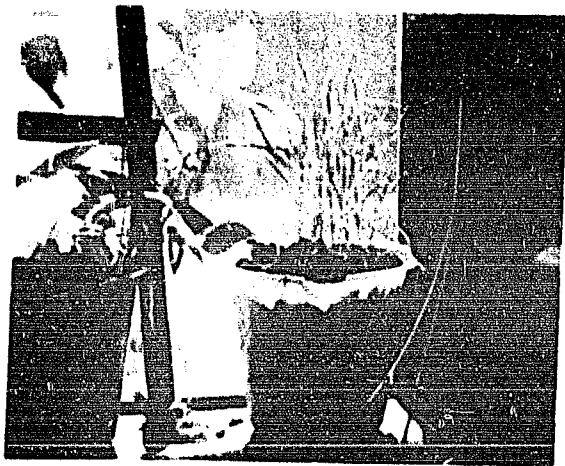


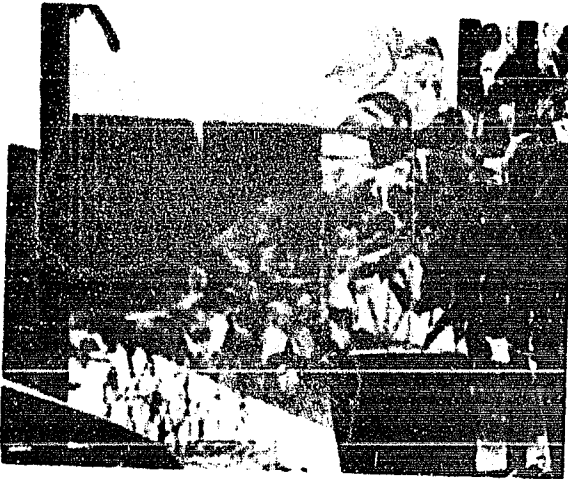
**CRECIMIENTO DE PLANTAS DE ENJOL CON SOLUCION NUTRIENTE INCOM-  
PLETA.**



*Cultivo de 3 semanas:  
follaje aparentemente  
normal, sin vainas.*

*Cultivo de 4 semanas: -  
disminución del color -  
verde y acentuación del  
color amarillento en el  
follaje. Aparición de -  
vainas aparentemente --  
normales.*





Cultivo de 5 semanas:  
se acentúa el tono ama  
rillento del follaje y  
empieza la caída de he  
jas, las vainas comien  
zan a enjutarse.



Cultivo de 6 semanas:  
planta con poco follaje;  
color definitivamente --  
amarillento, vainas lige  
ramente desarrolladas y  
enjutas.

**III).- ANALISIS DE LA PLANTA UNA VEZ COMPLETADO SU CICLO DE CRECIMIENTO.**

**PRODUCTO FRESCO.  
NUMERO DE ANALISIS.**

	1	2	3	4	5
PESO DEL FOLLAJE.	41.1	36.6	37.5	34.8	36.0
PESO DEL FRUTO	30.7	24.0	26.4	22.5	24.4
PESO TOTAL DE LA PLANTA.	71.8	60.6	63.9	57.3	60.4

	PROMEDIO	PORCENTAJE
Peso del follaje.	37.2 g	59.2 %
Peso del fruto.	25.6 g	40.8 %
Peso total de la planta.	62.8 g	

El producto fué calcinado directamente ya que según el caso anterior no se juzgó necesario el peso del producto seco a 100°C.

**PRODUCTO CALCINADO.  
(CENIZAS).  
NUMERO DE ANALISIS.**

	1	2	3	4	5
PESO DEL FOLLAJE.	1.23	0.94	1.02	0.85	0.86
PESO DEL FRUTO.	1.33	0.20	0.29	0.16	0.17

	PROMEDIO	PORCENTAJE
Peso del follaje	0.98 g	81.0 %
Peso del fruto.	0.23 g	19.0 %

En esta experiencia también se seleccionó una muestra -- representativa del cultivo fresco, es decir, antes de calcinar equivalente a 1 p. de follaje y 1 g. de fruto para la determinación del nitrógeno.

...../

**DETERMINACIONES DE NITROGENO Y FOSFORO.  
NUMERO DE ANALISIS.**

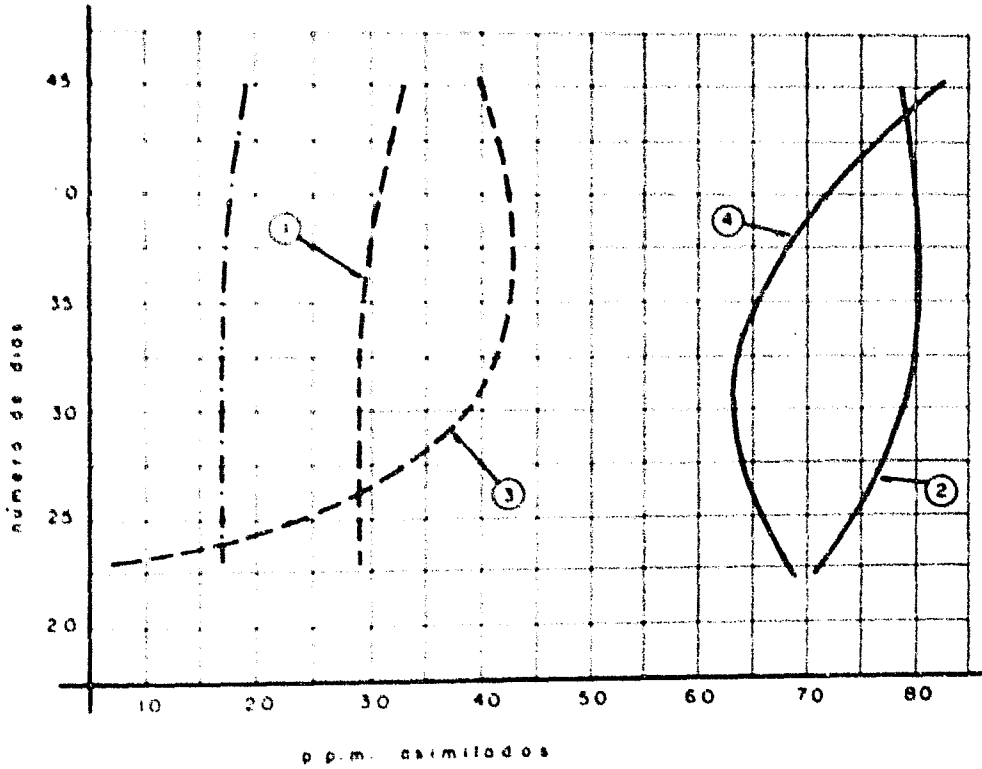
...	1	2	3	4	5
<b>NITROGENO ppm</b>	16,836	12,565	15,123	10,928	13,326
<b>FOSFORO ppm (follaje)</b>	44	35	38	28	35
<b>FOSFORO ppm (fruto)</b>	73	55	67	52	63
	<b>PROMEDIO</b>				
<b>Nitrógeno</b>	13,755 ppm				
<b>Fósforo (follaje)</b>	36 ppm				
<b>Fósforo (fruto)</b>	62 ppm				

DATOS PROMEDIO DE LA SOLUCION CON AZUFRE.

	Sol. inicial	1er. cambio a los 23 días.	Asimilación	2° cambio a los 33 días	Asimilación	3er. cambio a los 45 días	Asimilación	Fruto	Follaje
F	81 ppm	8 ppm.	72 ppm.	1 ppm.	80 ppm.	2 ppm.	79 ppm.	13490 ppm.	
P	37 ppm.	8 ppm.	29 ppm.	8 ppm.	29 ppm.	4 ppm	33 ppm.	65 ppm.	38 pp
K	443 ppm.	-	-	-	-	-	-	-	-
S	39 ppm.	22 ppm.	17 ppm.	22 ppm.	17 ppm.	20 ppm.	19 ppm.	37 ppm	47 ppm

DATOS PROMEDIO DE LA SOLUCION SIN AZUFRE.

	Sol. inicial	1er. cambio a los 23 días.	Asimilación	2° cambio a los 33 días	Asimilación	3er. cambio a los 45 días.	Asimilación	Fruto	Follaje
F	84 ppm.	16 ppm.	68 ppm.	20 ppm.	64 ppm.	4 ppm.	82 ppm.	13755 ppm.	
P	46 ppm.	39 ppm.	7 ppm.	4 ppm.	42 ppm.	6 ppm.	40 ppm.	62 ppm.	36 ppm
K	443 ppm.	-	-	-	-	-	-	-	-
S	0 ppm.	0 ppm.	-	0 ppm.	-	0 ppm.	-	5 ppm.	11 ppm



*Acotaciones:*

- |       |       |           |                        |
|-------|-------|-----------|------------------------|
| ( 1 ) | ----- | Fósforo   | } Solución completa    |
| ( 2 ) | ————— | Nitrógeno |                        |
|       | ----- | Azufre    |                        |
| ( 3 ) | ----- | Fósforo   | } Solución sin azufre. |
| ( 4 ) | ————— | Nitrógeno |                        |

### C O N C L U S I O N E S .

En el transcurso de este trabajo se observó que la asimilación del nitrógeno por ambos cultivos ( con y sin azufre )- fue diferente siendo mayor en el primero que en el segundo:

Con azufre	35,490 ppm de $N_2$
Sin azufre	13,755 ppm de $N_2$

Como puede apreciarse en las fotografías incluidas, la planta cultivada con solución sin azufre presenta un mal desarrollo, por consecuencia resultó una planta de menor altura y de hojas más pequeñas; estas tomaron primero un color verde - amarillento y más tarde fueron completamente amarillas. Las deficiencias se presentaron en primer lugar en las hojas inferiores. Las flores también resultaron ser muy pequeñas.

Dicho raquitismo fue muy contrastante con la práctica -- realizada con solución completa, donde se nota lo frondoso y verde del follaje.

Todo esto confirma las funciones antes mencionadas de los elementos azufre y nitrógeno: pues los sulfatos aumentan el contenido de nitrógeno en las plantas y éste a su vez, es un factor de composición muy importante para la producción de -- proteínas y promueve el crecimiento del follaje.

Además, la ausencia del azufre impide la formación de la clorofila aunque no la integra directamente.

De ahí que, aunque el azufre no sea asimilado en gran -- cantidad por la planta, sí influye en el crecimiento de la -- misma y la posibilidad de la mayor demanda entre los fertilizantes que lo contienen aumente con este hecho.

Para la realización de este trabajo se emplearon 70 mg. de azufre por litro de solución nutritiva.

...../

Puede considerarse que un total de 100 ppm de azufre es una cantidad razonable para cualquier cultivo, tomando en consideración que las plantas leguminosas son las que requieren mayor cantidad de nitrógeno y el azufre hace las veces de catalizador para la mayor fijación de éste.



QUIMIC



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

- 1.- A.O.A.C., *Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists*; Editorial Board; Fifth Edition; 10-11 (1960)
- 2.- Bentley H., *Commercial Hydroponics*; First South African - Edition; 559, 560, 562, 686, 687, 688, 704, 705 (1959).
- 3.- Bentley H., *The Development of Hydroponics in South Africa* 123-129 (1961)
- 4.- Berkely A., *The water-culture method for growing plants - without soil*. Circular No. 3471; California University. - (1961)
- 5.- Butler J. D. y H. F. Osbker, *Hydroponics as a hobby growingplants without soil*. 1-16 (1962)
- 6.- Collier's Reference Service. *Growing Plants Without Soil* 5 (1963).
- 7.- Collings H. G. *Commercial Fertilizers*; Fifth Edition; McGraw Hill Book Co. 503-504 (1955)
- 8.- Carleton E. y H. W. Swaney. *Solless Growth of Plants Use of Nutrient Solutions, Water, Sand, etc*. Reinhold Publishing Corp. (1938)
- 9.- Carleton E. y H. W. Swaney. 2nd, Edition, Reinhold. New - York (1947)
- 10.- Greene R. E. y J. S. Bullock & Water R. H. *Plastic Beads as Supporting Medium in Nutriculture Systems*. *Agronomy -- Journal*. 363 (1962)
- 11.- Griffin C. R. *Technical Methods of Analysis*.; McGraw Hill Book Co. 2nd. Edition. 92 (1956)
- 12.- Huterval G. A. *Hidroponía*, 3a. Edición. Editorial Hobby, Buenos Aires, 9, 40-50, 61, 80-86, 224-225 (1960)
- 13.- McGraw-Hill Publication. *Chemical Week*. 95-96 (1964)
- 14.- Morris V. H.; Alexander L. S. y H. C. Young. *Growing Plants in Nutrient Solution*. Special publication. Ohio Agricultural Experimental Station Wooster (1949)
- 15.- Purdue University. *Nutrient Solution Culture of Greenhouse Crop Production*. Circular No. 232 (1960)
- 16.- Robins S. R. *Commercial International Hort*. 118-122. (1961)
- 17.- Sheldrake H., J. & Boodley. *Good News Plant Growers*. *Farm Research*, June; 8-9; 28 (1962)

...../

- 18.- Sholto D., E. H. J. W.- *Hidroponics, The Bengal System*; - 3rd. Edition New York, Oxford; June (1962)
- 19.- Stout J. G. ; H. E. Maruel.- *Hydroponics Culture of Vegetable Crops*. August. 1-56 (1959)
- 20.- Scott W. W. - *Standard Methods of Chemical Analysis*; J. - Van Nostrand Co. New York; Fifth Edition. 632-633; 908-909. 1 (1939)
- 21.- *Secretaria de Industria y Comercio. Revista de Estadística* ; Noviembre 1962. (1965)
- 22.- Teuscher H. y R. Adler.- *The soil and its fertility*; Reinhold Publishing Corporation New York; First Edition. - - - 357, 358, 359, 360 ( 1960 ).
- 23.- Zamarripa Z. E. y H. Mayagottia.- *Contenido de Oligoelementos en Fertilizantes Comerciales. Acta Pol' tcnica Mexicana*. Septiembre-Octubre. 91-100r IV No. 20 (1962 ).