



UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS

“JOSÉ MARTÍ PÉREZ”

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DEPARTAMENTO AGROPECUARIO



Tesis de Diploma.

Título: Determinación experimental de signos y síntomas del estado nutricional en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Velasco Largo.

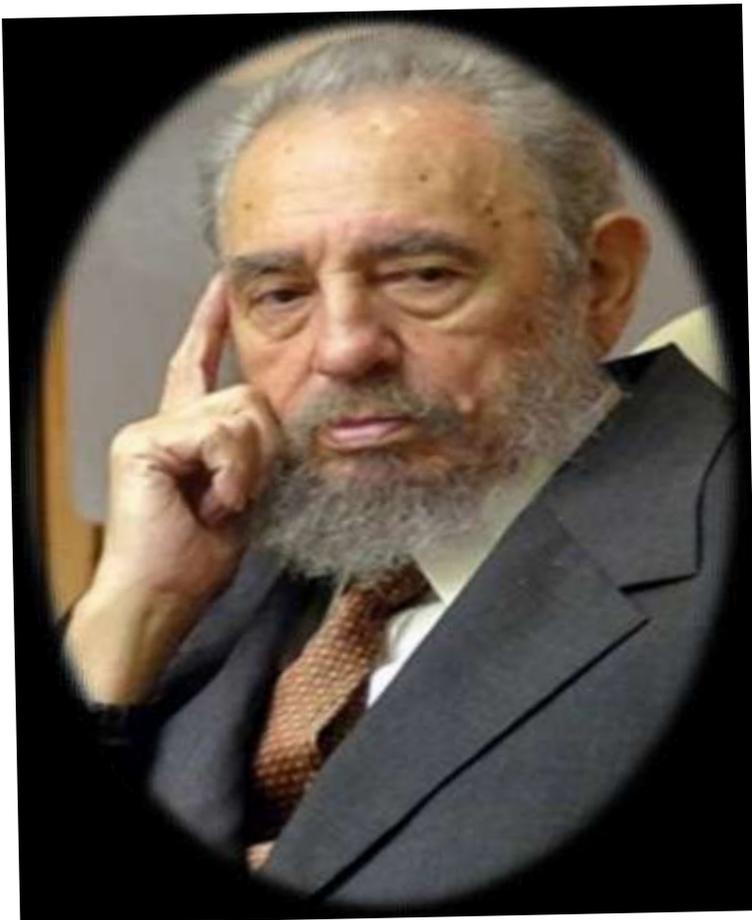
Autor: Manuel Fernando Ravelo Labrada.

Tutor: Dr.C. Miguel Salvat Quesada.

2013-2014.

PENSAMIENTO.

“Hagamos el propósito de nuestro esfuerzo, y juremos ante nosotros mismos que si un día nuestro trabajo pareciera bueno, debemos luchar por hacerlo mejor; y si fuera mejor, debemos luchar por hacerlo perfecto, conociendo de antemano que para un comunista nada será nunca suficiente bueno, y ninguna obra humana será jamás suficientemente perfecta”.



Fidel Castro Ruz.

AGRADECIMIENTOS.

“La gratitud es el legítimo pago al esfuerzo ajeno, es reconocer que todo lo que somos es la suma del sudor de los demás, es tener conciencia de que un hombre solo no vale nada y la dependencia humana además de obligada es hermosa”.

A mi Tutor por su incondicional y valioso apoyo.

A mis familiares por todo lo que representan en mi vida.

DEDICATORIA.

A mis padres por ser el faro que guía mis pasos.

A mis hijos por darme alegrías infinitas.

A mi esposa por su amor y apoyo.

Resumen

El conocimiento de la fisiología relacionada con la nutrición de las plantas de cultivo para la obtención de buenos rendimientos, constituye una línea interesante e importante en las investigaciones agrícolas, en el presente trabajo con el fin de conocer cómo se manifiestan experimentalmente los signos y síntomas carenciales en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Velasco Largo; y teniendo en cuenta que existen limitaciones para el reconocimiento de estos en la práctica agronómica de este cultivo, se trazó como Objetivo: Determinar experimentalmente los signos y síntomas por deficiencia nutricional de macroelementos y algunos microelementos en el cultivo de esta variedad de frijol, que posibilite el accionar agrotécnico de los productores locales. Para ello se diseñó un experimento en hidroponía con sales minerales a nivel de laboratorio, que permitió el suministro por anegación de soluciones previamente preparadas a partir de una solución de tipo Murashige Skoog a pH 6,8 y se controlaron variables importantes tantas reportadas por la literatura, como aquellas que considero de importancia para el reconocimiento carencial a temprana edad del ciclo del cultivo, todo ello llevo a la construcción de un catálogo que permitirá el accionar en la práctica a los productores para este cultivo.

Summary

The knowledge of the physiology related with the nutrition of the cultivate plant for the obtaining of good yields, constitutes an interesting and important line in the agricultural investigations, presently work with the purpose of knowing how they are manifested the signs and lacking symptoms experimentally in the cultivate of the bean (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Velasco Largo; and keeping in mind that limitations exist for the recognition of these in the agronomic practice of this cultivation, it was traced as Objective: To determine the signs and symptoms for nutritional deficiency of macro-elements and some microelements that are shown experimentally in the cultivation of this bean variety that facilitates working agrotécnico of the local producers. For it was designed it an experiment in hydroponic with salts minerals at laboratory level that allowed the one it gave for to flood the previously prepared solutions starting from a type solution Murashige Skoog to pH 6,8 and important variables so many were controlled reported by the literature, as those that it considered of importance for the lacking recognition to early age of the cycle of the cultivation, everything takes it to the construction of a catalog that will allow working in the practice to the producers for this cultivation.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN. _____ | 1 |
| REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA. _____ | 4 |
| 1.1 . Características distintivas del frijol _____ | 4 |
| 1.2 . Requerimientos nutricionales para el cultivo del frijol _____ | 5 |
| 1.2.1. Criterios de esencialidad de los elementos nutritivos | 6 |
| 1.3 . Principales signos y síntomas por deficiencia nutricional que muestra el cultivo del frijol. _____ | 17 |
| 1.4 . Descripción de la variedad de frijol Velasco Largo. _____ | 18 |
| MATERIALES Y MÉTODOS. _____ | 20 |
| ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS. _____ | 22 |
| 2.1. Análisis de los signos y síntomas presentados en las plantas experimentadas..... | 25 |
| CONCLUSIONES. _____ | 30 |
| RECOMENDACIONES _____ | 31 |
| BIBLIOGRAFÍA _____ | 32 |

INTRODUCCIÓN.

El establecimiento de las necesidades nutricionales de un cultivo y requerimientos para cada variedad en lo que a absorción de elementos minerales se refiere, constituye la fase inicial en el estudio de la nutrición mineral con fines de aprovechar y utilizar esta información básica en el problema de la fertilización. (Jocelyne y Fargas, 1973).

Las investigaciones sobre nutrición mineral han hecho muchos progresos al fabricarse compuestos químicos con un alto grado de pureza, al mismo tiempo de poner en práctica métodos de cultivos hidropónicos, con soluciones de composición química definida, que aseguren el crecimiento normal de las plantas y que permitan un control preciso del suministro de iones nutritivos a las raíces. (Gil, 1996).

Probablemente Woodward en 1699 (citado por Hernández, 2005), realizó los primeros experimentos en el cultivo de plantas en medio líquido, sin usar ningún sustrato sólido. En 1804, de Saussure realizó uno de los primeros intentos de analizar los factores implicados en el cultivo de plantas en medios nutritivos, estableciendo la necesidad de suministrar nitrato a la solución de cultivo.

En el siglo XIX se realizó una actividad intensa en el campo del crecimiento de plantas en soluciones nutritivas. Investigadores como Sachs, Boussingault y Knop, realizaron experimentos que ayudaron a determinar que ciertos elementos eran importantes para el crecimiento de las plantas. Knop en 1865, publicó los resultados del efecto de la composición nutritiva sobre el crecimiento e inventó la fórmula de una solución nutritiva simple, basada en relaciones moleculares, que ha sido el punto de partida para modificaciones posteriores por otros autores. Se puso énfasis en mejorar la presión osmótica de la solución, el balance de los elementos, pero manteniendo una composición simple. (<http://www.foret.ula.ve/~rubenhg>, 2013).

Dada la importancia que reviste el conocimiento de todos los aspectos fisiológicos de una planta para la obtención de buenos rendimientos de los cultivos, se realiza el presente trabajo a fin de conocer cómo se manifiestan experimentalmente los

signos y síntomas carenciales por macro y algunos micro elementos en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Velasco Largo. Ya que esta leguminosa constituye una fuente de proteína en la alimentación de la población cubana y la provincia de Sancti Spíritus es una de las regiones que mayores potenciales tiene dentro de la nación. Esta variedad es de ciclo corto, color rojo, de buenos rendimientos y aceptación por la población por su buen sabor y fácil cocción. En la provincia de Santi Spíritus se cultiva alrededor el 65 % de esta variedad donde se incluye otras variedades rojas cultivadas.

A partir de lo anterior se presenta una situación problemática en el marco de las carencias en el conocimiento sobre los aspectos anteriormente señalados referidos al cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Velasco Largo, ya que existen limitantes para el reconocimiento de los signos y síntomas por deficiencia nutricional en la práctica agronómica de este cultivo por los técnicos agrícolas responsables de sus atenciones culturales, lo anteriormente señalado genera el siguiente Problema Científico: ¿Cómo se manifiestan experimentalmente los signos y síntomas carenciales por macro y microelementos en el cultivo del frijol var Velasco Largo?

Hipótesis: Si se diseña un experimento a nivel de laboratorio de variables controladas que supriman diferencialmente los macro y microelementos nutricionales del cultivo del frijol var. Velasco Largo, se podrá determinar los signos y síntomas específicos de deficiencia nutricional que muestre el cultivo, aspecto de gran utilidad para el accionar agrotécnico del productor.

Objetivo General: Determinar experimentalmente los signos y síntomas por deficiencia nutricional de macroelementos y el microelemento hierro en el cultivo de esta variedad de frijol, que posibilite el accionar agrotécnico de los productores locales.

Objetivos Específicos:

1. Diseñar experimentalmente las condiciones nutricionales diferenciales para el cultivo del frijol var. Velasco Largo.

2. Caracterizar experimentalmente los signos y síntomas por deficiencia nutricional de algunos macroelementos y el microelemento hierro que muestre el cultivo del frijol var. Velasco Largo a partir del diseño realizado.
3. Elaborar un catálogo de deficiencias nutricionales de algunos macroelementos y el microelemento hierro en el cultivo del frijol var. Velasco Largo que posibilite el accionar agrotécnico al productor.

Importancia del trabajo de investigación:

A partir de la investigación a nivel de laboratorio, se simulan las deficiencias por algunos macroelementos y el microelemento hierro para la nutrición del frijol, que permitirá determinar los signos y síntomas más sobresalientes por la carencia exacta del elemento químico; el cual ha sido controlado en soluciones hidropónicas en el experimento, estos resultados permitirá al autor elaborar un catálogo que sirva de guía para el diagnóstico de este cultivo.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

1.1. Características distintivas del frijol

Según Rey R., et al., 1986, el frijol posee algunas características que conviene tener presentes para cualquier trabajo de investigación, en el presente trabajo se contabilizan algunas de ellas en el desarrollo del experimento, entre ellas se destacan las siguientes:

1. El periodo de siembra de este grano es entre el 10 de septiembre al 15 de diciembre (óptimo 15 de octubre al 15 de noviembre).
2. Es una planta C-3, realiza la fotosíntesis exclusivamente mediante el ciclo de Calvin.
3. Tiene la capacidad, de formar nódulos en las raíces, que le permiten la fijación biológica del nitrógeno atmosférico.
4. Es principalmente autógama, aunque presenta cierto porcentaje de polinización cruzada.
5. El hábito de crecimiento, el cual está controlado genéticamente, puede ser modificado por el medio, es importante, porque está relacionado con características agronómicas y fisiológicas.
6. La floración y el desarrollo de los frutos, son secuenciados o escalonado; en el frijol, la antesis o apertura de las flores de una planta ocurre en forma continua, en un lapso de 2 hasta 4 semanas, según el cultivar, el hábito de crecimiento y las condiciones ambientales.

La producción de un número de botones, flores y vainas jóvenes, es mucho mayor que el de vainas normales que llegan finalmente a alcanzar la madurez, debido a la abscisión o caída controlada fisiológicamente, pero modulada por el ambiente; además por la ocurrencia de vainas "vanas" que son aquellas retenidas en la planta

hasta la madurez, pero no contienen ninguna semilla normal (Expósito Pérez y García, 2011).

1.2. Requerimientos nutricionales para el cultivo del frijol

Moreno (2002), indica que las plantas para su normal crecimiento y desarrollo requieren cierto número de elementos que se les denomina esenciales. La carencia de un determinado elemento causa serios trastornos fisiológicos, estructurales y morfológicos, llegando a producir la muerte prematura de la planta; no basta la presencia de un elemento dentro de la planta, éste tiene que estar en cantidades fisiológicamente suficientes para permitir el adecuado crecimiento y desarrollo del vegetal.

Según Tagliavini et al., (2001) un elemento es deficiente cuando estando presente en la planta por niveles inferiores a lo normal provoca una serie de alteraciones que van desde una disminución en el crecimiento y la producción, hasta la muerte. La carencia y las deficiencias extremas producen síntomas visibles en los órganos de las plantas (hojas, tallos, frutos, etc.).

Los síntomas de deficiencia de un elemento los cuales serán descritos para el frijol más adelante en este informe, tienen una determinada característica general con algunas variaciones específicas. Sin embargo los niveles de requerimiento y los grados de deficiencia sí varían con la especie y las condiciones en las cuales las plantas se desarrollan (Barroso, 1999; Díaz et al., 1999).

Una forma de estudiar los efectos de las carencias y deficiencias de los elementos esenciales en las plantas es por el método del cultivo usando soluciones nutritivas Moreno (2002); se pueden fácilmente preparar soluciones completas que lleven todo los elementos esenciales, sin ofrecer peligros de deficiencia, también se pueden preparar soluciones en la que falta uno o más elementos y así estudiar el efecto que produce su ausencia en la planta o se pueden preparar soluciones con diversos grados de deficiencia.

Este autor considera que los criterios más comunes usados para evaluar la mejor solución nutritiva, son medir el tamaño de la planta, su peso fresco y seco, la producción de órganos específicos como raíces, hojas, flores, frutos, tubérculos, etc.

El frijol requiere para su buen desarrollo, que el terreno tenga buen drenaje tanto interno como superficial, ricos en materia orgánica, que sean fáciles de trabajar, ligeros, de textura silíceo-limosa. En suelos fuertemente arcillosos y demasiado salinos vegeta deficientemente, siendo muy sensible a los encharcamientos, de forma que un riego excesivo puede ser suficiente para dañar el cultivo, quedando la planta de color pajizo y achaparrado. En suelos calizos las plantas se vuelven cloróticas y achaparradas. (Socorro y Martín, 1989)

1.2.1. Criterios de esencialidad de los elementos nutritivos

La presencia de elementos nutritivos en las cenizas de una planta, no es indicador de las necesidades cualitativas y cuantitativas de los distintos elementos químicos para una planta fotoautótrofa, como ha sido demostrado por Arnon y Stout (1939) utilizando cultivos hidropónicos, al establecer tres criterios que debe cumplir un elemento para que pueda ser considerado como esencial. Inclusive si un elemento ayuda a mejorar el crecimiento o un proceso fundamental, no se considerará como esencial si no cumple con las tres reglas siguientes:

Regla 1. Un elemento es esencial si la deficiencia del elemento impide que la planta complete su ciclo vital. Todos los 17 elementos que aparecen en la tabla N° 1, cumplen con este criterio y deben ser suministrados a una planta para que germine, crezca, floree y produzca semillas.

Regla 2. Para que un elemento sea esencial, este no se puede reemplazar por otro elemento con propiedades similares. Ej. El sodio que tiene propiedades similares que el potasio, no puede reemplazar al potasio completamente; ya que trazas de potasio son esenciales en la solución.

Regla 3. El último criterio que debe cumplirse es que el elemento debe participar directamente en el metabolismo de la planta y su beneficio no debe estar

relacionado solamente al hecho de mejorar las características del suelo, mejorando el crecimiento de la microflora o algún efecto parecido.

El autor de la tesis considera que las tres reglas anteriores pueden resumirse diciendo que: Un elemento es esencial si la planta lo requiere para su desarrollo normal y poder completar así su ciclo vital.

Como se mencionó anteriormente, la presencia de un elemento en altas concentraciones en una planta, no es un indicador seguro de su esencialidad; puesto que existen plantas como *Astragalus*, *Stanleya* y *Lecythis* que son indicadores de selenio. Estas plantas crecen en suelos con altas concentraciones de Se y por lo tanto son acumuladoras de éste elemento. Existen muchas plantas que acumulan sodio (halófitas), como algunas especies de mangles, sin embargo algunas plantas desérticas requieren sodio, tales como *Atriplex vesicaria*, de las regiones secas de Australia, y *Halogeton glomeratus* una maleza introducida en áreas salinas del oeste de Estados Unidos. El sodio es esencial para el *Amaranthus tricolor* (especie C-4), a bajas concentraciones de CO₂.

Las diatomeas necesitan sílice, no solo en su pared celular, sino también como oligoelemento metabólico, especialmente en la división celular.

Ha sido propuesto que los silicatos presentes en hojas e inflorescencias de gramíneas, impiden la herbivoría causada por animales e insectos; lo que representa un requerimiento ecológico, más que una necesidad bioquímica o fisiológica.

El cobalto es esencial para muchas bacterias, incluyendo las algas verde-azules. Es requerido para la fijación de nitrógeno por las bacterias presentes en los nódulos de las raíces de las leguminosas; así como por las bacterias de vida libre que fijan nitrógeno. El cobalto es un componente de la vitamina B₁₂, por lo que los organismos que lo requieren, incluyendo animales, sintetizan esa vitamina; mientras que en las plantas superiores y algas carentes de vitaminas B₁₂, el cobalto no es esencial.

En la lista de los 17 elementos esenciales para las plantas superiores (tabla 1), se ha incluido el níquel (Ni); debido a que Brown (1967), ha demostrado su esencialidad

para el crecimiento de la cebada. El níquel ejerce efectos beneficiosos en el crecimiento del tomate, avena, trigo; así como en algunas algas. La esencialidad del níquel (Ni^{2+}) está asociada a la enzima ureasa, que cataliza la hidrólisis de la urea, produciendo CO_2 y NH_4^+ .

A continuación se describirán el papel de cada uno de los elementos que intervienen en la nutrición de las plantas.

Los elementos químicos esenciales en la nutrición de las plantas, son aquellos imprescindibles para el normal crecimiento y desarrollo del vegetal, cuya deficiencia produce un síntoma característico que sólo puede ser erradicada por la adición de este elemento y no por otro, y en cuya ausencia la planta muere.

Los elementos esenciales son 16:

C, H, O que se toman del aire y/o el agua.

N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, B, Zn, Fe, Cu, Mo, Cl que se toman del suelo.

El hombre para su mejor comprensión en la fertilización de las plantas los ha clasificado de dos maneras: (Guardiola y García, 1990)

1. Por la cantidad en que se absorben:

Macroelementos: N, P, K, Ca, Mg, S

Microelementos: Mn, B, Cl, Zn, Fe, Mo, Cu

2. Por su movilidad en la planta:

Muy móviles: Pueden trasladarse casi en su totalidad de una parte a otra de la planta (N, K).

Móviles: Se trasladan en menor cantidad (P, S, Mg).

Poco móviles: Sólo una pequeña parte se traslada (todos los microelementos excepto el boro).

Inmóviles: El B y el Ca, cuando entran a formar parte de un tejido no se mueven más.

A continuación se describirá las funciones y forma de absorción de los elementos minerales anteriormente mencionado.

Las funciones de los elementos minerales pueden agruparse en tres grandes clases, las que no están nítidamente separadas de acuerdo a (Guardiola y Amparo García, 1990):

a) Función Estructural.

Como constituyentes de estructuras orgánicas. La función estructural del nitrógeno, fósforo y azufre como constituyentes de proteínas y ácidos nucleicos.

Otros componentes de las plantas incluyen elementos covalentes o parcialmente covalentes, como clorofila y distintas metaloproteínas.

b) Activadores o reguladores de la actividad enzimática.

Esta función puede implicar la participación del elemento mineral, bien como coenzima o grupo prostético, bien en la formación del complejo enzima-sustrato regulando la actividad enzimática, modificando la conformación de la molécula de proteína. El carácter esencial de los microelementos es debido casi exclusivamente a este tipo de función.

c) Osmoregulación y/o el mantenimiento del equilibrio electroquímico.

Los elementos minerales que se acumulan en forma iónica como Cl^- ; K^+ y Mg^{+2} , participan en esta función. El K^+ en la mayoría de las plantas, juega un papel central en el mantenimiento del potencial osmótico; función en la que es reemplazado parcialmente por el sodio en algunos casos.

Una clasificación más amplia y acabada de los elementos esenciales en correspondencia al rol metabólico y funciones fisiológicas en que los mismos resultan imprescindibles, nos la presentan Taiz y Zieger, (1998) en la tabla 1 basándose en los avances científicos ocurridos entre 1970 y 1990. La misma establece cuatro grupos y para cada elemento mineral define las funciones. En esta clasificación el

primer grupo comprende los elementos que forman los compuestos orgánicos de las plantas y que después de ser absorbidos, sus formas iónicas (NO^{-3} , NH^{+4} y SO^{-4}) deben ser oxidadas y reducidas en el proceso de asimilación.

En el segundo grupo los elementos (P, Bo y Si) son importantes en las reacciones de transferencia de energía o en el mantenimiento de la integridad estructural; estos nutrientes a menudo están presentes en el tejido vegetal como esterres de fosfato, borato y silicatos, en el que el elemento grupal está unido al grupo hidróxilo de una molécula orgánica. Los nutrientes del tercer grupo están presentes en el tejido vegetal como iones libres o iones combinados a sustancias como ácidos pépticos en la pared celular. De particular importancia son sus roles como cofactores de enzimas y en la regulación de los potenciales osmóticos celulares. Finalmente en el cuarto grupo están clasificados los elementos minerales esenciales que tienen roles importantes en las reacciones incluidas en la transferencia de electrones.

Nitrógeno:

Participa en la estructura de las moléculas de proteína Integra moléculas como purinas y pirimidinas, que son las bases de los ácidos nucleicos Constituye el anillo porfirínico que forma parte de clorofilas y citocromos. Está presente en coenzimas y vitaminas.

Este elemento se absorbe en forma de nitrato (NO^{3-}) y de amonio (NH_4^+) que resultan de la descomposición de la materia orgánica en el suelo por los microorganismos. Algunos microorganismos pueden fijar el N del aire al suelo, otros como *Rhizobium*, *Acetobacter* y *Azospirillum* pueden fijarlo directamente a la planta.

Fósforo:

Es parte integrante del ATP. Constituye los ácidos nucleicos, fosfolípidos, y coenzimas NAD y NADP.

Se encuentra en concentraciones importantes en las regiones meristemáticas de activo crecimiento.

En general participa en todos los procesos activos de la planta, en aquellos en que se consume energía; de ahí su vital importancia. El P proviene de los restos de descomposición de la materia orgánica y de las rocas, pero en su mayoría se encuentra en forma inorgánica.

Este se absorbe en dos formas:

PO_4H_2^- (su absorción se favorece a pH bajos)

PO_4H_2^- (su absorción se favorece a pH más altos)

Cuando el pH es francamente alcalino predomina el ion $\text{PO}_4^- \text{PO}_3^-$ que no es asimilable por la planta. A esto se llama inmovilización del P en el suelo.

Los fertilizantes fosfóricos son de gran importancia para los cultivos pero su producción es muy costosa, sobre todo para los países con poco desarrollo (IFA, 2000), lo que ha dado ímpetu a la búsqueda de alternativas más baratas de fertilización.

Calcio:

Participa en la formación de la pared y las membranas celulares.

Interviene en la mitosis. (Organización del huso)

Es activador de enzimas. Participa en el metabolismo del nitrógeno y los azúcares.

Proviene de minerales del suelo y se absorbe como Ca_2^+ . Abunda en las hojas más viejas.

Potasio:

Es un activador de enzimas esenciales para la síntesis proteica.

Participa en la síntesis de los almidones.

Regula la permeabilidad celular e incrementa la absorción de agua.

En la planta abunda en las partes jóvenes en activo crecimiento. Está en abundancia en el suelo pero sólo es asimilable en forma de ion K^+ que es soluble. Su deficiencia no puede ser sustituida por iones similares como Na^+ o Li^+ que son tóxicos para la planta en cantidades excesivas.

Magnesio:

Es un constituyente esencial de la molécula de clorofila.

Es un activador de enzimas para la síntesis de ADN y ARN.

Participa en el metabolismo de los azúcares y en la síntesis de ATP.

Se absorbe como ion Mg^{2+} que es soluble en el suelo.

Azufre:

Es un componente de aminoácidos y proteínas.

Forma parte de algunas vitaminas.

Constituye puentes que están presentes en la estructura química de algunas proteínas.

Procede de minerales del suelo y de la descomposición de la materia orgánica. Se absorbe normalmente como ion sulfato (SO_4^{2-}) por las raíces y puede penetrar las hojas como SO_2 si el gas está en la atmósfera, pero esto es infrecuente.

Hierro:

Indispensable para la síntesis de clorofila.

Es un constituyente de algunas enzimas y portadores del ciclo respiratorio.

Puede absorberse como Fe^{2+} y Fe^{3+} pero sobre todo en la primera forma. Abunda en el suelo pero su absorción depende de del pH, ya que en los suelos muy alcalinos no está en forma asimilable para la planta.

Manganeso:

Participa en el metabolismo del nitrógeno.

Es activador de enzimas de la respiración.

Es un catalizador en la fotosíntesis.

Participa en la oxidación del AIA.

Se absorbe como Mn_{2+} en suelos con pH ácido y con poca aireación. Los suelos alcalinos bien aireados favorecen su oxidación y su no absorción por la planta.

Cobre:

Es un activador de enzimas y un componente de otras.

Participa en la fotosíntesis pues forma parte de la plastocianina que es un transportador de electrones. Se absorbe como Cu_{2+} , Cu^{+} , $CuOH^{+}$ y $CuCl^{+}$. En suelos con mucha materia orgánica se forman compuestos de Cu muy estables no asimilables por la planta.

Zinc:

Es activador de enzimas.

Participa en la síntesis del AIA.

Participa en la síntesis de proteínas.

Se absorbe como Zn_{2+} y se favorece su absorción a pH ácido.

Boro:

Participa en el metabolismo de absorción y transporte de los azúcares, y por esta vía, de forma indirecta, tiene que ver con numerosos procesos de la planta. Puede encontrarse como H_3BO_3 (ácido bórico) que es intercambiable y es la forma en que es absorbido por la planta. También puede aparecer como boratos (de calcio y

magnesio) que son solubles y como borosilicatos (no intercambiables). Su absorción se favorece a pH ácidos.

Molibdeno:

Es un activador de enzimas en la planta.

Participa en el metabolismo del nitrógeno en la planta por ser activador de la nitrato-reductasa.

Se absorbe como MoO_4^{2-} o MoO_4^- . También se absorbe como pentóxido (Mo_2O_5).

Cloro:

Participa en la lisis del agua y en la fotosíntesis.

Es un activador de enzimas.

Se absorbe como Cl⁻ y está presente en el suelo formando cloruros.

Tabla 1 Clasificación de los elementos minerales de las plantas de acuerdo a su función bioquímica . (Evans y Sorget 1966; Mengel y Kirby 1987, citados por Taiz y Zieger 1998).

| ELEMENTO | FUNCIONES |
|-----------------------|---|
| <u>GRUPO 1</u> | <u>Nutrientes que forman compuestos orgánicos</u> |
| NITROGENO | <i>Constituyente de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, nucleótidos, coenzimas, hexoaminas, etc.</i> |
| AZUFRE | <i>Componente de cisteína, cistina, metionina y proteínas .Constituyente de ácido lipoico, coenzimaa, tiamina, pirofosfato, glutation, biotina, adenosina-5-fosfo-sulfato y 3-fosfoadenosin</i> |
| <u>GRUPO 2</u> | <u>Nutrientes que son importantes en el almacenamiento de energía o la integridad estructural.</u> |
| FÓSFORO | <i>Componente de azúcar, fosfatos; ácidos nucleicos; coenzimas, fosfolípidos, ácido fítico. Tiene rol en reacciones en las que participa el ATP.</i> |
| BORO | <i>Complejos como manitol ,manan, ácido polinanurónico y otros constituyentes de la pared celular. Participa en la elongación celular y el metabolismo de ácidos nucleicos.</i> |
| SILICIO | <i>Depositado como silica amorfa en las paredes celulares. Contribuye a propiedades mecánicas de la pared celular, incluyendo su rigidez y elasticidad.</i> |
| <u>GRUPO 3</u> | <u>Nutrientes que permanecen en forma iónica.</u> |
| POTASIO | <i>Requerido como cofactor de más de cuarenta enzimas. Cation principal del establecimiento del turgor celular y el mantenimiento de la electroneutralidad celular.</i> |

| | |
|-----------------------|---|
| <u>GRUPO 3</u> | <u>Nutrientes que permanecen en forma iónica.</u> |
| SODIO | <i>Incluido en la regeneración del PEP en plantas C₄ y CAM. sustituto del K en algunas funciones.</i> |
| MAGNESIO | <i>Requerido por muchas enzimas incluida la transferasa fosfato. Constituyente de la molécula de clorofila.</i> |
| CALCIO | <i>Constituyente lamela media pared celular. Requerido como cofactor de muchas enzimas, incluido en hidrólisis de ATP y fosfolípidos. Actúa como un segundo mensajero en la regulación metabólica.</i> |
| MANGANESO | <i>Requerido para la actividad de algunas dehidrogenasas, descarboxilasas, kinasas, oxidasas, peroxidasas. Incluido con otro catión-actividad enzimática y en la evolución del O₂ fotosintético.</i> |
| COLORO | <i>Requerido para reacciones fotosintéticas en la emisión del O₂.</i> |
| <u>GRUPO 4</u> | <u>Nutrientes que están incluidos en la transferencia electrónica.</u> |
| HIERRO | <i>Constituyente de citocromos y proteínas no hemoférrica de la fotosíntesis, fijación del N₂ y la respiración.</i> |
| COBRE | <i>Componente de la ácido ascórbico oxidasa, mono-amino oxidasa, uricasa, citocromo oxidasa, fenolasa, lacasa y plastocianina.</i> |
| ZINC | <i>Constituyente de alcohol dehidrogenasa, glutámico dehidrogenasa, carbónico anhidrasa.</i> |
| MOLIBDENO | <i>Constituyente de la nitrogenasa, nitrato reductasa y xantino dehidrogenasa.</i> |
| NIQUEL | <i>Constituyente de la ureasa, En la fijación N₂ por bacteria, constituyente de dehidrogenasa.</i> |

✓ Fotocopia del original, citados por Torres, 2000.

1.3. Principales signos y síntomas por deficiencia nutricional que muestra el cultivo del frijol.

Nitrógeno: Clorosis de las hojas (primero las más viejas y luego las más jóvenes) porque cuando escasea se moviliza hacia las hojas más jóvenes y por eso amarillean las más viejas. Coloración rojiza en los peciolo (por la formación de antocianinas). Caída de las hojas más viejas, reducción del crecimiento de hojas y plantas.

Fósforo: Necrosis en hojas, peciolo y frutos.

Aspecto achaparrado, hojas oscuras, azulverdosas, caída de hojas. Incremento del contenido de azúcares en los tejidos.

Reducción de la floración, pocos frutos y semillas.

Potasio: Manchas cloróticas y luego necrosis en la punta y bordes de las hojas más viejas. Enrollamiento de las hojas, sobre todo en plantas de hojas anchas. Plantas achaparradas de entrenudos cortos.

Calcio: Clorosis en las hojas jóvenes (en los bordes) que luego se convierte en necrosis. Afectación en los ápices de los tallos, hojas y raíces que pueden llegar a pudrirse y morir. Como este elemento es inmóvil no se traslada a las zonas jóvenes y las deficiencias se ven primero en ellas.

Magnesio: Clorosis internerval, aparición de cierta pigmentación roja, manchas necróticas en los bordes y entre los nervios, que comienza por las hojas más viejas.

Azufre: Son parecidas a las del nitrógeno, o sea, clorosis general, aunque en este caso suele comenzar por las hojas más jóvenes.

Aumenta la acumulación de almidón y sacarosa, disminuye la presencia de glucosa y fructosa y otros monosacáridos.

Se detecta más nitrógeno soluble y menos proteínas.

Hierro: Clorosis intensa de hojas y brotes jóvenes.

En ocasiones aparece una clorosis moteada, las hojas pueden permanecer mucho tiempo como un manojo blanco o amarillo. Se observa sobre todo en árboles.

Manganeso: Clorosis y necrosis internervial en las hojas jóvenes, seguida por la caída rápida de las hojas.

Cobre: Necrosis en el ápice de las hojas jóvenes que se extiende por el borde de las hojas hasta que éstas se secan y se caen.

Zinc: Aparece la deficiencia sobre todo en frutales. Clorosis internervial, reducción y malformación de las hojas. Formación de hojas en roseta en los ápices de los vástagos (microfolia).

Boro: Muerte de los ápices del tallo y raíz; se forman brotes laterales cuyos ápices también mueren; hojas con textura gruesa; pudrición del corazón en frutos.

Molibdeno: Moteado clorótico entre los nervios de las hojas inferiores, necrosis marginal y encorvamientos. Caída posterior de las hojas y muerte en algunos casos como los cítricos.

Cloro: Poco estudiada porque casi no aparece. Marchitez, clorosis, bronceado de las hojas más bajas. Pocos frutos (tomate).

1.4. Descripción de la variedad de frijol Velasco Largo.

En Cuba, las condiciones edafoclimáticas son favorables para el cultivo del frijol, por lo que se produce en todo el territorio nacional. Sin embargo existen zonas como la de Velasco en la provincia Holguín, considerada por muchos años “Granero del País”, donde se ha obtenido magníficos resultados productivos por presentar, entre otros factores, condiciones de clima y suelo propicias para el crecimiento y desarrollo de esta planta. En honor a esta zona fue nombrada una variedad cubana la “Velasco largo”.

En reporte realizado por el profesor de la Universidad de Ciego de Ávila, Palau F, en el 2010, establece las siguientes características específicas de la variedad:

Referenciales de la variedad: Velasco Largo.

- Ciclo: 77 días
- Es una planta de crecimiento determinado (Tipo I), de 40-45cm de altura.
- Grano grande y alargado de color rojo con peso de 40-49 g/100 semillas.
- Número de vainas por planta: 6.26.
- Masa de las vainas (g): 9.18.
- Número de granos por vaina: 3.29.
- Masa de los granos por planta (g): 7.91.
- Rendimiento (t.ha-1) para bajos insumos: 0.72.
- Color de la flor: Amarilla.
- Color del grano: Rojo.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El montaje del experimento se realizó a nivel de laboratorio en condiciones de hidroponía, utilizando arena sílice como sustrato, esto permitió neutralizar las condiciones de absorción de los minerales, donde se utiliza zeolita generalmente (ARNON & STOUT, 1939 citado R. Mello, 2012), ubicando 5 plantas en igual número de bolsas impermeables de 1L por tratamiento, donde los tratamientos corresponden a cada una de las sales macro y microelementos a investigar.

La pre-germinaron en algodón con agua destilada en recipiente de vidrio de 500 mL a razón de 50 semillas de las plantas permitió controlar la selección de las plantas viables para el experimento, aspecto este que la literatura no explica cómo se desechan las plantas de mal germinación o defectuosas.

Se le suministró por anegación las soluciones previamente preparadas a partir de una solución madre de tipo Murashige Skoog pH 6,8 (Anexo 1). Permitted el suministro calculado a partir de las recomendaciones dadas por González en 1982, y expuestos por Socorro y Martín, 1989, donde se presenta las dosis sin rizobium a razones de 120 kg/ha de nitrógeno, 90Kg/ha de fósforo y 135 kg/ha de potasio por lo que cada planta debe recibir 0,24g de N, 0,18g de P y 0,27g de K. esto posibilitó excluir determinadas sales que se incorporan en otras.

Se le regó Cuperflow preventivo a razón de 2 l por ha. Para evitar el ataque fúngico en estas condiciones, como este experimento se hace en condiciones asépticas controladas, la literatura no expone como controlar la incidencia de plagas y enfermedades, por lo que se hizo necesario instrumentar un controlador de amplio espectro.

A cada tratamiento se les tomó las siguientes variables que componen indicadores vegetativos y de rendimiento: (Memorias del Laboratorio de Suelos y Foliare, febrero, 2002), los cuales permitió el diagnóstico integral del vegetal.

- a. Altura de la planta en el estado fisiológico de fructificación.
- b. Número de flores.

- c. Número de vainas
- d. Síntomas por deficiencia: color de hojas viejas y jóvenes, tipo y forma de las lesiones y textura.

Todos los datos fueron recogidos en una matriz Anexo 2. Donde se hicieron anotaciones descriptivas teniendo en cuenta las fechas indicadas que permitió hacer la discusión de los distintos signos y síntomas que presentaron las plantas.

Se describió todos los datos por estadígrafos que representan las variaciones de los signos y síntomas presente en cada tratamiento por réplica.

El resto se describen en cuatro etapas 20 días después de trasplantada, antes de la floración, 15 días después de esta, etapa de fructificación. Las descripciones se recogen además en fotografías con cámara de 7 Mpix en resolución de acercamiento fotográfico. Las inferencias se hacen con el SPss versión 11,5 para Windows donde se comparan medias a partir de ANOVA de un factor.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Para dar cumplimiento a los dos primeros objetivos del trabajo: el diseño del experimentalmente permitió caracterizar en la práctica los signos y síntomas por deficiencia nutricional de los macronutrientes y el microelemento hierro que muestran el cultivo del frijol var. Velasco Largo, este diseño está basado fundamentalmente para resolver algunas limitaciones en la práctica agrícola en el cultivo de este frijol.

Para ellos se analizan los resultados obtenidos en las variables que se proyectaron, algunas corresponden con indicadores propuestos por la literatura especificada en materiales y métodos: como tamaño, forma y textura de las hojas y otros que se consideran importantes como el tamaño de la planta, número de las flores y de las vainas, que aunque no representan síntomas que pueden ayudar al agricultor en la obtención de una buena cosecha ese año, si constituye una alarma para corregir las deficiencias en el cultivo en esos suelos para los próximos sembrados.

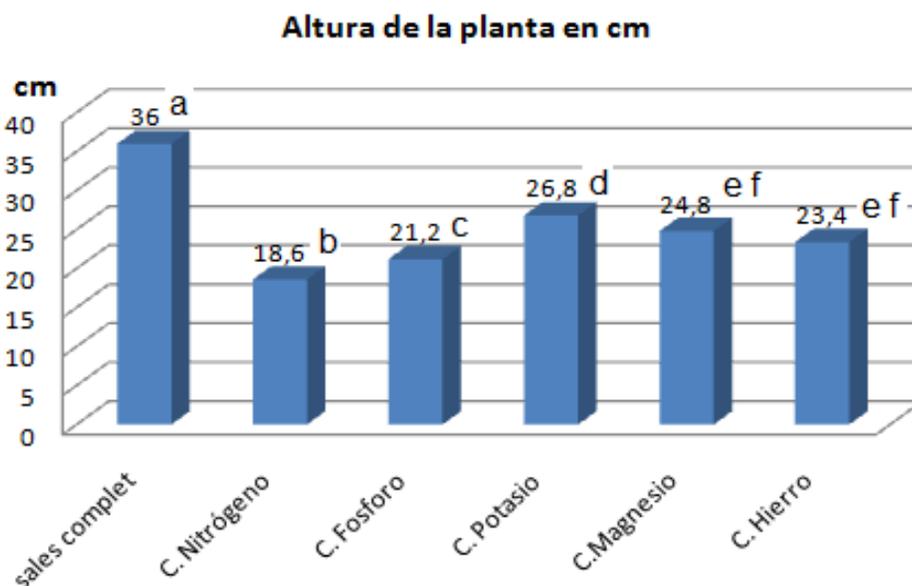
El primer análisis esta dado con respecto al tamaño de la planta al final de su ciclo de vida, por la fisiología de los elementos estudiados en la composición de proteínas y la energética celular (Torres, 2000, Pérez y Martínez, 1998) estos influyen directamente en el desarrollo y crecimiento de las estructuras del vegetal, por tanto como muestra la tabla 2, las medias de la altura total de las planta en fase de fructificación muestra diferencias significativas Inter grupo donde $p < 0,05$ (anexo 4), es importante destacar que la altura del vegetal está directamente relacionada con el número de ramas y guías en el frijol, por tanto esto influye a su vez en la producción de vainas y el rendimiento del cultivo de forma general. Autores como Ramírez et al, 2010 experimentó como influye la fertilización nitrogenada en el crecimiento de la planta, la nodulación y los rendimientos agrícolas en el frijol rojo Velasco largo.

El autor consideró las medidas de tamaño al final de su ciclo biológico porque los trabajos anteriores realizados por los autores citados, no muestran diferencias significativas en los primeros momentos del desarrollo, solo después de los 50 días de establecido el vegetal.

Tabla 2. Valores medios de la altura en cm de la planta en cada uno de los tratamientos.

| Réplicas | Sales completas | Carencias d/Nitrógeno | Carencias d/ Fosforo | Carencias d/ Potasio | Carencias d/Magnesio | Carencias d/ Hierro |
|-------------|-----------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 1 | 30 | 17 | 29 | 29 | 22 | 18 |
| 2 | 28 | 32 | 28 | 28 | 30 | 27 |
| 3 | 42 | 0 | 0 | 28 | 26 | 21 |
| 4 | 45 | 23 | 28 | 28 | 22 | 24 |
| 5 | 35 | 21 | 21 | 21 | 24 | 27 |
| media | 36 | 18,6 | 21,2 | 26,8 | 24,8 | 23,4 |
| DesvStandar | 7,4 | 11,8 | 12,3 | 3,3 | 3,3 | 3,9 |

Figura 1. Comparación de las altura de las plantas con respecto al medio en que estaban inmersas.



Con respecto al número de flores se realizó un simple análisis descriptivo de las medias, no hay reporte en la literatura consultada sobre la influencia de los nutrientes estudiados sobre el número de flores en el frijol, sin embargo como se observa en tabla 3, la influencia experimental de la incidencia que tiene el nitrógeno en particular

como formador de proteínas y ácidos nucleicos es radical en la formación de estructuras florales, en ausencia de este elemento en la planta esta no suele florecer, sin embargo en los demás elementos químicos estudiados se puede observar que en alguna medida se exponen primordios florales, sin embargo con la ausencia de otros elementos los que pueden influir directamente en la síntesis de proteínas como son el fósforo y el magnesio la antesis de la flor y la madurez de estas se completan.

Tabla 3. Valores medios del número de flores en cada uno de los tratamientos. (9/11/13)

| Réplicas | Sales completas | Carencias d/Nitrógeno | Carencias d/ Fósforo | Carencias d/ Potasio | Carencias d/Magnesio | Carencias d/ Hierro |
|----------|-----------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 1 | 0 | 0 | 3 | 4 | 2 | 0 |
| 2 | 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 1 |
| 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 |
| 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| media | 2,4 | 0 | 1,4 | 1,8 | 1 | 1,6 |

Tabla 4. Valores medios del número de flores en cada uno de los tratamientos. (16/11/13).

| Réplicas | Sales completas | Carencias d/Nitrógeno | Carencias d/ Fósforo | Carencias d/ Potasio | Carencias d/Magnesio | Carencias d/ Hierro |
|----------|-----------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 5 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| media | 1,6 | 0 | 0,8 | 0,8 | 0,2 | 0,8 |

Tabla 5. Valores medios del número de vainas en cada uno de los tratamientos.

| Réplicas | Sales completas | Carencias d/Nitrógeno | Carencias d/ Fosforo | Carencias d/ Potasio | Carencias d/Magnesio | Carencias d/ Hierro |
|----------|-----------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| media | 1,4 | 0 | 0,2 | 0 | 0 | 0,4 |
| varianza | 1,8 | 0 | 0,2 | 0 | 0 | 0,8 |

2.1. Análisis de los signos y síntomas presentados en las plantas experimentadas.

Los signos y síntomas por deficiencia de los elementos químicos que se describen en este informe para el frijol var. Velasco largo, tienen determinadas características generales y otras particulares con algunas variaciones específicas como variedad en sí. Debido a que los niveles de requerimiento y los grados de deficiencia varían con la especie, las fenocopias y las condiciones en las cuales las plantas se desarrollan (Barroso, 1999; Díaz et al., 1999).

Para estudiar los efectos de las carencias y deficiencias de los elementos esenciales en el frijol se siguió un diseño basado en el método del cultivo usando soluciones nutritivas Moreno (2002); donde se preparan soluciones completas que llevan todo los elementos esenciales, sin ofrecer peligros de deficiencia, y soluciones en la que falta uno o más elementos y así estudiar el efecto que produce su ausencia en la planta alguna de las soluciones presentaban diversos grados de deficiencia. Todo ello permitió llegar a los siguientes resultados (es importante destacar que el estudio no abarcó todo los microelementos solo el hierro)

Uno de los resultados prácticos logrados como se analizará a continuación es que se exponen los signos, por etapas de desarrollo del vegetal, considerando este un aporte a la práctica del agricultor, que en ocasiones tiene que esperar al desarrollo

del cultivo para determinar la carencia del elemento, el cual puede estar enmascarado con otro.

El Nitrógeno: el primer análisis visual fue realizado el 26/10/13 a los 11 días, el vegetal ya en estos momentos muestra deficiencias de nitrógeno en las hojas más viejas comienzan a tornarse de color verde pálido.

A los 22 días (6/11/13), las hojas más viejas se tornan amarillas en el 75% de las muestras y comienza a disminuir el número de hojas, el 20% de las muestras mueren para los 30 días (14/11/13), las demás plantas muestran un deterioro grave (anexo 3 figura 5A)

Durante la observación se aprecian otros signos importantes como son: la altura de las plantas es inferior en 17,6 cm como promedio a las plantas que tienen soluciones nutritivas completas (tabla 2) y se ve muy afectada la floración, otros signos importante es la defoliación total de las muestras para el periodo de los 37 días (21/11/13).

Es importante destacar que se observa aunque no fueron parámetros de medida el adelgazamiento de los tallos con aspecto raquítico de todas las otras estructuras del vegetal y la muerte del 50% de las plantas al final de su ciclo de vida, lo que parece ser que la afectación en el metabolismo de las proteínas y los ácidos nucleicos es tal que produce la expiración de los procesos vitales de la planta (Jocelyne A., Fargas J., 1973)

Se observan otros signos y síntomas no reportados por la literatura (Pág. 17) como son:

- Se observa clorosis en las hojas más viejas a partir de un fenómeno de coloración rojiza ascendente en los pecíolos y posteriormente la deficiencia se movilizó hacia las hojas más jóvenes esto obedece a la gran movilidad del nitrógeno lo que provocó la defoliación total posterior de las muestras

- Caída de las hojas hasta la defoliación total en etapas de agudización nutritiva (etapas críticas del desarrollo como tiempo de floración).
- Reducción del crecimiento de las hojas, así como de la planta de forma general adquiriendo un aspecto raquítico.

El fósforo: Taiz y Zieger en 1998 reportan pocos síntomas concretos por la carencia de este elemento químico, que lo ubica como nutrientes importantes en el almacenamiento de energía o de la integridad estructural del vegetal, sin embargo otros autores como la obra de Wallace, 1970 ya describe síntomas visibles en el frijol estableciendo mucho mas signos que estos autores, coincidiendo en que estos síntomas comienzan con clorosis en las hojas más viejas hasta necrosarse los tejidos de esta alcanzando el peciolo.(anexo 3, figura 8 y 9)

Se observó que el número de brotes disminuyó así como el tamaño de las hojas, coincidiendo con síntomas presentes en las carencias de potasio.

Los tallos fueron más cortos y finos que los presentados por las plantas con fórmula completa. El fósforo al igual que el Boro participa en el metabolismo de los ácidos nucleicos, aspecto que hace que su ausencia deteriore la integridad del vegetal.

El potasio, se ubica por los autores ya mencionados como elemento que permanece en forma iónica, desempeñando funciones importantes como cofactor enzimático, los síntomas presentados coinciden con muchos de los reportados por el fósforo, con la diferencia que las manchas cloróticas comienzan tanto en las hojas viejas como por los bordes. Posteriormente las hojas más viejas se enrollan hacia abajo tanto en las puntas como en los bordes, adquiriendo un aspecto quebradizo y de quemadura. Anexo 3, figura 6 y 7)

El Magnesio: es también un elemento químico ubicado dentro de los que permanecen en forma iónica en el vegetal, las observaciones de sus deficiencias se observan muy temprano en el desarrollo del vegetal a los 11 días (26/10/13), su funciones como elemento indispensable en la energía, como componente enzimático y en lo fundamental en la conformación de la clorofila hace que se observen cambio

en la coloración de las hojas más viejas rápidamente, las cuales se tornan amarillentas. Posteriormente comienza aparecer (6/11/13 a los 22 días), manchas de color carmelitoso a rojizo en dichas hojas y se disponen consecutivamente en toda la hoja. (Anexo 2, figura 11 y 11^a), la característica de las clorosis por síntomas de magnesio a diferencia de las otras observadas por otros macroelementos es que las manchas se tornan rojas y están dispuestas en toda la hoja incluyendo sus bordes.

Se constató además que cuando estas deficiencias se agudizan en estados más avanzados de desarrollo comienzan a caerse las hojas afectadas.

En particular se observa una incidencia de brotamiento de flores en etapas tempranas (tabla 3) sin embargo estas no llegan a fecundar y por tanto a formar vainas. Estos dos últimos aspectos no son reportados por la literatura.

Se observa en las etapas tardías del desarrollo necrosis en todas las hojas viejas afectadas quedando un triángulo verde en la base. Y la caída posterior de las flores disminuyendo considerablemente.

El hierro: este elemento es clasificado por la literatura como nutrientes que intervienen en la transferencia de electrones, junto con Cu, Zn, Mo y Ni, por lo que es un constituyente de algunas enzimas y portadores del ciclo respiratorio. Compuesto indispensable para la síntesis de clorofila. Es clasificado también como micro elemento inmóvil.

Puede absorberse como Fe_2^+ y Fe_3^+ pero sobre todo en la primera forma. Abunda en el suelo pero su absorción depende de del pH (Arnon & Stout., citado por Renato de Mello Prado en el 2012), ya que en los suelos muy alcalinos como los suelos de Sancti Spíritus donde se suele cultivar el frijol no está en forma asimilable para la planta.

Desde los primeros momentos se observó, a los 11 días (26/10/13) cambio de coloración en todas las hojas (color blanquecino) y manchas cloróticas en todas las hojas posteriormente a los 22 días (6/11/13) se ponen necróticas las hojas jóvenes

incluyendo los brotes. Las hojas más afectadas comienzan a caer. (Anexo 3, figura 12^a y 12^b)

La carencia de hierro no afecta la floración de forma general, sin embargo la fecundidad de esta se ve perturbada disminuyendo el número de vainas por plantas (tabla 4 y anexo 4) estos síntomas junto con el tamaño de las plantas disminuido no son reportados por la literatura.

Se observan otros signos colaterales poco frecuentes como:

- Clorosis en las hojas jóvenes y brotes donde estas se vuelven amarillas.
- Las hojas afectadas se curvan hacia arriba.
- Las hojas afectadas se caen después de algún tiempo con estos síntomas.

CONCLUSIONES.

1. Para estudiar los efectos de las carencias y deficiencias de los elementos esenciales en el cultivo del frijol se siguió un diseño basado en el método de siembra en hidroponía, utilizando disoluciones nutritivas madres completas de tipo Murashige Skoog; a partir de la cual se preparan las disoluciones variables para el estudio integral.
2. Se realizó una caracterización de los signos por deficiencias en las diferentes etapas del desarrollo del frijol var. Velasco largo, que posibilite determinar los síntomas más relevantes, corroborados en la literatura para esta especie. Se mostraron en el material que el vegetal experimenta otros síntomas no reportados, de utilidad para la práctica agrícola.
3. Se elaboró un catálogo con los reportes gráficos y descriptivos de las deficiencias nutricionales de algunos macromelementos y para el microelemento hierro en el cultivo del frijol rojo var. Velasco Largo que posibilita el accionar agrotécnico de los productores del grano.

RECOMENDACIONES

Se considera ampliar el experimento a otros microelementos no estudiados.

Experimentar con otras variedades cultivadas en la provincia de Sancti Spíritus que posibilite ampliar la información en el catálogo propuesto.

Correlacionar en la práctica agrícola en un trabajo de diseño más complejo lo que se inicia con la nutrición de esta especie de grano.

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, J. W. *Sulfur metabolism in plants*. San Diego, EE.UU: Academic Press, 1990.

ARNON & STOUT. Criterios de esencialidad 1939, citado por Renato de Mello Prado en conferencia digital sobre Nutrición mineral, 2012 (formato PowerPoint)

BAKER, D. A. y HALL, J. L. *Solute transport in plant cells and tissues*. England: Harlow, 1987.

BLOOM, A.J., SUKRAPANNA, S.S., and Warner, R.L. Root respiration associated with ammonium and nitrate absorption and assimilation by barley. *Plant Physiology*. 99:1294-1301. 1992.

BOTÁNICABOOK. Nutrición mineral de las plantas. LIBROBOTÁNICAONLINE. [HTTP//WWW.foret.ula.ve/~rubenhg](http://www.foret.ula.ve/~rubenhg). Consultado septiembre, 2013

CHAPIN, F. S. Ecological aspects of plant mineral nutrition. *Advances in Plant Nutrition*.3:161-191.1988.

EPSTEIN, E; BLOOM, A. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 2. Ed. Maria Edna Tenório Nunes (Tradutora). Londrina: Editora Planta, 2006.403p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, J.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e Aplicações. 2a ed. POTAFOS (ed.). 1997. 319p.
MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.638p.

EXPÓSITO PÉREZ Y GARCÍA BELTRÁN: Comportamiento productivo de cultivares de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*, L.) En la Cooperativa de Créditos y Servicios "José Manuel Rodríguez" del Municipio Jesús Menéndez, en Observatorio de la Economía Latinoamericana, N° 153, 2011. Texto completo en <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2011/>

FERNÁNDEZ, M.S. and PEREYRA, R.O.R. Mineral Nitrogen in Plant Physiology and Plant Nutrition. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 14(2):111-148. 1995.

GIL MARTÍNEZ, F. Elemento de Fisiología Vegetal. Mundi Prensa, Madrid 1994 1147 p.

HERNÁNDEZ GIL RUBÉN. LibroBotánicaOnLine: Introducción a la ecofisiología vegetal. Universidad de Los Andes - Mérida – Venezuela. 2005 <http://www.Forest.ula.ve/>

GUARDIOLA, J.L.B. y GARCÍA AMPARO L. Absorción, transporte y metabolismo de los elementos minerales. En F. Veg. I: Nutrición y Transporte. – Ed. C.de la Vida, España. pp 65-123. 1990.

JOCELYNE A., FARGAS J. Nutrición mineral y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. 'turrialba-4' cultivado en solución nutritiva *Agronomía Tropical*. (1973) pp 451-466.

Memorias del Laboratorio de Suelos y Foliar. Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones. Parte I: Vinicio Gutiérrez, M. Mecanismos de absorción de nutrimentos por el follaje. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica (CIA/UCR), febrero 2002.

OLIVARES, J. and J. M. Barea. Fijación y movilización de nutrientes. Vol. II. Madrid.1991.

PALAU CARMENATE F. B. Variedades de frijol. Power Point de Universidad de Ciego de Ávila MÁXIMO GÓMEZ BÁEZ, Cuba en el 2011.

PÉREZ GARCÍA F. MARTÍNEZ LABORDE J.B. Introducción a la Fisiología Vegetal. Edición Mundi-Prensa, Madrid, 1998

Colectivo de Profesores, CETAS 2006. Ecofisiología Vegetal. *Biblioteca Digital Portable*, <http://rutas.ecf.edu.cu>, UCLV. (CDrom I y II)

- PRADO, R.M. 500 perguntas e respostas sobre nutrição de plantas. 1. Ed. Jaboticabal: FCAV/GENPLANT, 2009. vol.1. 108p
- PRADO, R.M. Nutrição de Plantas. 1. Ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. Vol- 1. 407p.
- RAIJ, B.Van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2a ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 285p. (Boletim técnico, 100).
- RAMÍREZ, F. Metodologías para afinar los programas de fertilización de los cultivos por medio del uso de curvas de absorción de nutrimentos. En: Memoria Jornadas de Investigación., Universidad de Costa Rica, 1997. p. 183.
- RAMÍREZ OLIVERA ROLANDO et al. Mejoramiento de la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L) con el uso de alternativas de fertilización. En Revista trimestral Ciencias Holguín, Año XVI, abril-junio, 2010.
- REY R., et al. Régimen de riego alterado en tres variedades de frijón en Velasco Largo, Holguín. Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje. Informe Técnico, La Habana, 1986. Consultado en septiembre 2011.
- SOCORRO M.A; MARTÍN D. S. Grano. Editorial Pueblo y Educación, 1989.
- TORRES GARCÍA Antonio: Consideraciones sobre la fisiología de la nutrición mineral en las plantas superiores. Universidad Agraria de la Habana, facultad de Agronomía, Departamento de biología y sanidad vegetal, 2000. (Material digital).
- WALLACE T. Las deficiencias minerales de las plantas "Su diagnóstico a través de los síntomas visibles". Editorial Ciencia y Técnica, La Habana, 1970
- YÁGUDIN, et al. Nutrición de las Plantas. En Agroquímica. Tomo I: pag. 45-118. Ed. Mir Moscú -. 1984.

Anexo 1.

Composición de sales de Murashige-Skoog

| Constituyente | Concentración de la solución madre (g/L) | Tratamientos | | | | | |
|---|--|--------------|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Macros | | | | | | | |
| NH ₄ NO ₃ | 16,5 | X | — | X | X | X | X |
| KNO ₃ | 19 | X | — | X | — | X | X |
| CaCl ₂ .2H ₂ O | 4,4 | X | X | X | X | X | X |
| MgSO ₄ .7H ₂ O | 3,7 | X | X | X | X | — | X |
| KH ₂ PO ₄ | 1,7 | X | X | — | — | X | X |
| Micros | | | | | | | |
| MnSO ₄ .H ₂ O | 1,69 | X | X | X | X | X | X |
| ZnSO ₄ .7H ₂ O | 0,86 | X | X | X | X | X | X |
| H ₃ BO ₃ | 0,62 | X | X | X | X | X | X |
| KI | 0.083 | X | X | X | X | — | X |
| Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O | 0.025 | X | X | X | X | X | X |
| CuSO ₄ .5H ₂ O 10 ml de solución 25 mg/100ml | | X | X | X | X | X | X |
| CoCl ₂ .6H ₂ O 10 ml de solución 25 mg/100ml | | X | X | X | X | X | X |
| Fuente de hierro | | | | | | | |
| FeSO ₄ .7H ₂ O | 0.00556 | X | X | X | | X | — |
| Na ₂ EDTA.2H ₂ O | 0.00746 | X | X | X | | X | — |

La relación másica $W = (\text{masa atómica}/\text{masa molecular})$ me da el porciento de la masa del elemento.

Las sales madre tiene de N, P, K las siguientes concentraciones y disposiciones.

| Elemento | gramos/100 mL disolución madre | Volumen de disolución madre x plantas en 90mL agua | Recambio | Iluminación Lux/h |
|-----------|--------------------------------|--|----------|-------------------|
| Nitrógeno | 7,5 | 30 | semanal | 20,5 |
| Potasio | 7,72 | 34,3 | semanal | 20,5 |
| Fósforo | 0,39 | - | - | - |

Anexo 2. Matriz de recogida de datos.

| Tratamiento | muestras | Datos | | | | |
|---------------------|----------|-------|---|---|---|-------------|
| | | a | b | c | d | observación |
| 1. sales completas | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | | | | | |
| 2. (carencia de N) | | | | | | |
| 3. (carencia de P) | | | | | | |
| 4. (carencia de K) | | | | | | |
| 5. (carencia de Mg) | | | | | | |
| 6. (carencia de Fe) | | | | | | |

Anexo 3.

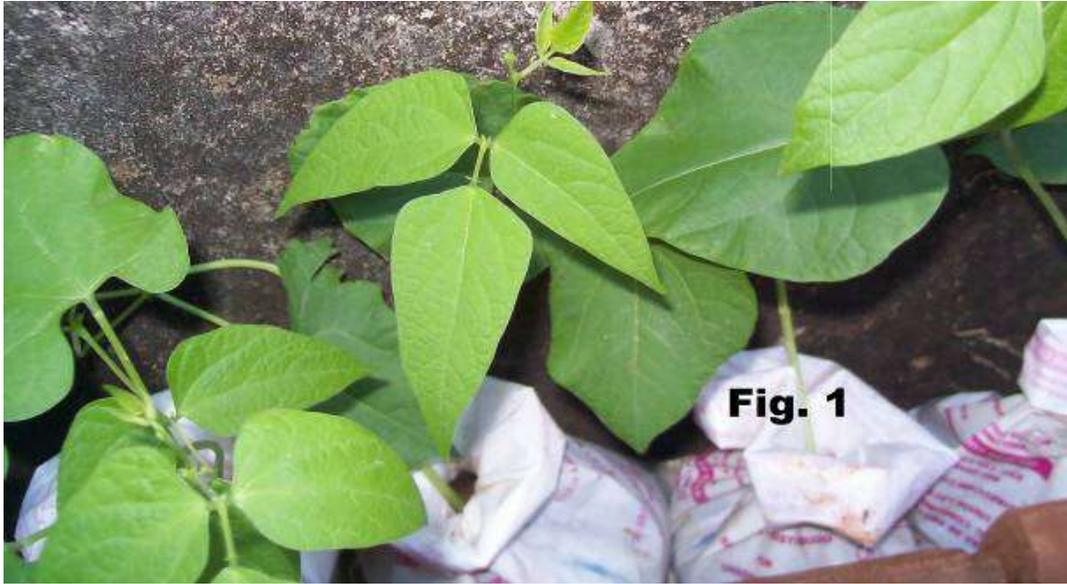
Catálogo para el diagnóstico visual de las deficiencias de algunos nutrientes en el frijol rojo Velasco Largo.

Introducción.

Cuando las plantas se cultivan en condiciones inadecuadas, reaccionan de modo más o menos específico en cada caso. Así, si la luz es insuficiente, les faltará clorofila y las hojas se tornan cloróticas o casi blancas, las plantas crecerán delgadas y finas, ahiladas; si la temperatura es demasiado alta, la planta crecerá exageradamente pero resultará débil; si el agua no es suficiente, disminuirá el crecimiento, los tejidos se harán leñosos y las hojas tomarán una tonalidad azulada. De la misma forma, la deficiencia o el exceso de cada uno de los elementos nutritivos producen efectos característicos en diversos órganos de la planta: alteraciones del color, densidad, tamaño y forma de las hojas; del grosor, la coloración y la longitud de los entrenudos; del color, la cantidad de fibra y el engrosamiento de la raíz; de la cantidad de flores y de la época de floración; del tamaño, color, consistencia y sabor de los frutos entre otros signos.

La habilidad para reconocer estos efectos particulares constituye la base del método de diagnóstico visual de las deficiencias de las plantas. Muchos de tales efectos pueden ser fácilmente interpretados por los agricultores con un poco de práctica. En realidad, desde hace muchos años, los técnicos agrícolas se han valido de los síntomas foliares de las deficiencias de nitrógeno y potasio en esencial y, últimamente, de magnesio, para orientarse en el abonado de los cultivos.

En este catálogo se describen con detalle los síntomas de las deficiencias obtenidos en la práctica las necesidades de nutrientes en el cultivo del frijol rojo Velasco Largo. El importante destacar que el mejor modo de diagnosticar las deficiencias con seguridad consiste en combinar diversos métodos. A menudo sólo será necesario aplicar dos de estos métodos de modo complementario: por ejemplo, la diagnosis visual combinada con la prueba química de los tejidos, o el método visual unido a un examen parcial de las condiciones del suelo.

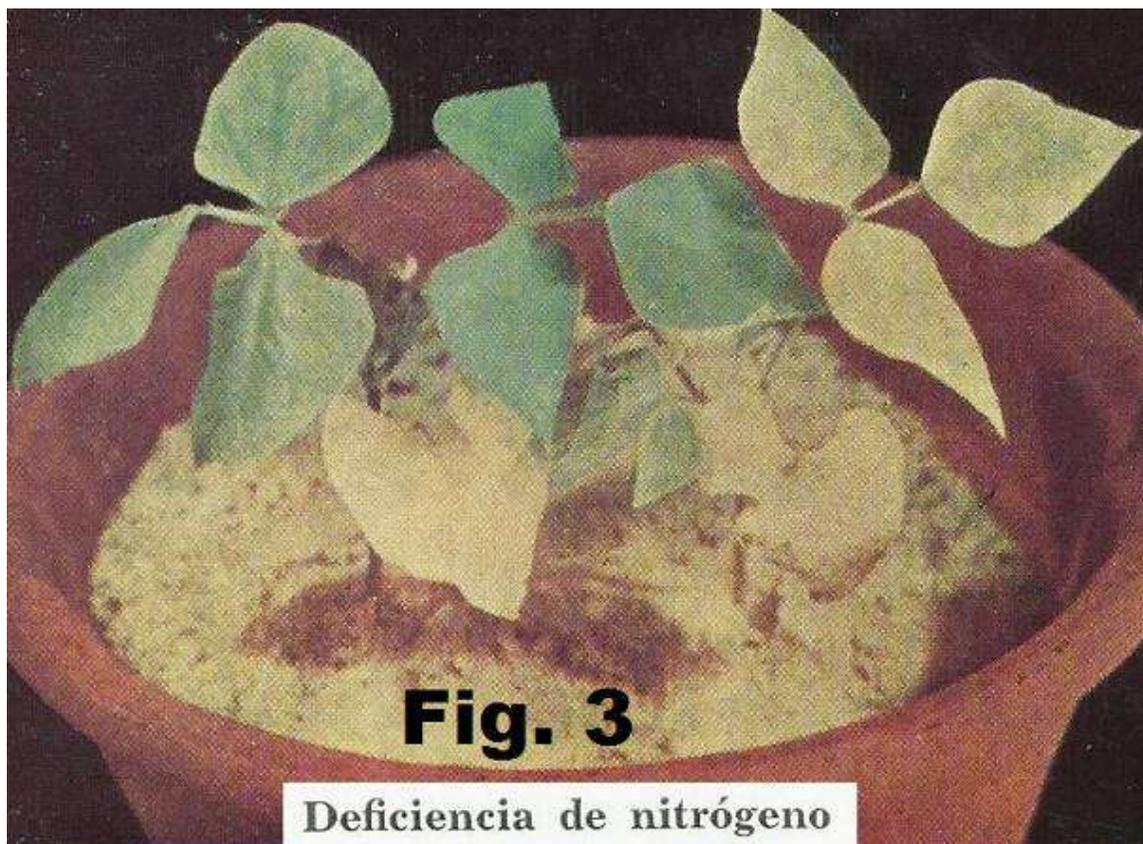


En la **figura 1** se presenta el aspecto general que en las primeras semana adquiere el cultivo con una nutrición equilibrada de nutrientes.

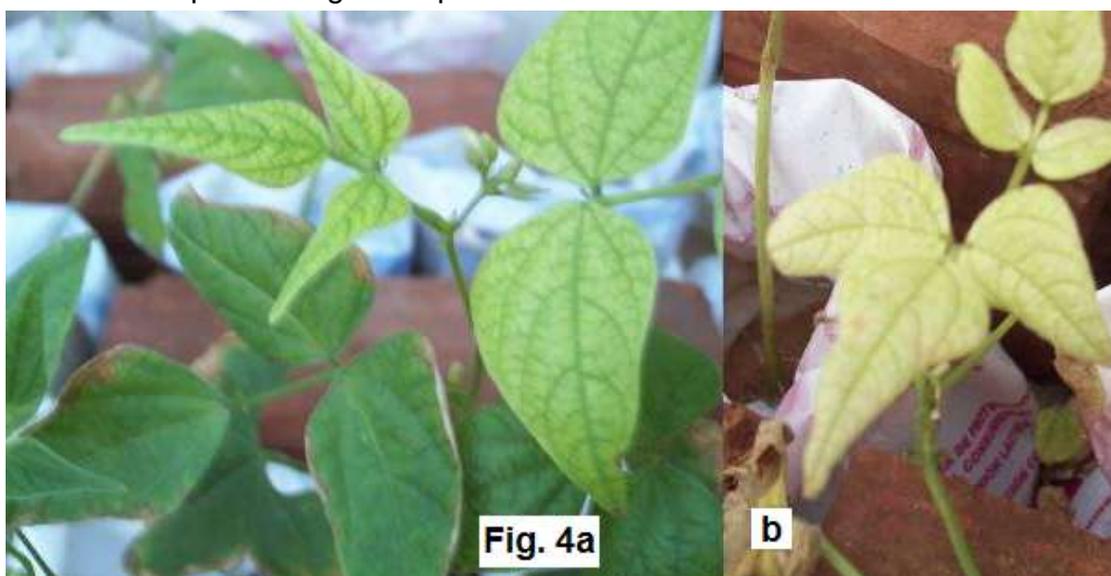


La **figura 2** muestra el estado fisiológico de la floración, donde hay un buen crecimiento de los ápices caulinares; los brotes tienen un largo proporcional con todos los órganos aéreos; las hojas son grandes, de color verde, que aumenta su intensidad con respecto a las primeras etapas del desarrollo; no se muestra defoliación las yemas vigorosas; la floración es adecuada, las plantas se muestran frondosas.

DEFICIENCIAS DE NITRÓGENO



La **figura 3** extraída de la literatura¹ de referencia muestra una planta de frijol enano joven con deficiencia de nitrógeno, al compararlo con las plantas jóvenes del experimento se aprecian signos importante como:



menor crecimiento de los ápices caulinares y brotes cortos y delgados con hojas pequeñas, generalmente de color pálido, verde amarillento, en las primeras etapas del desarrollo, y después de un vivo tinte amarillo, anaranjado, rojo o a veces purpúreo; la coloración comienza en las hojas viejas y avanza hacia las nuevas, y puede afectar también a los pecíolos; defoliación precoz, que empieza por las hojas viejas; brotes laterales escasos y yemas que se secan o permanecen durmientes; la floración, se reduce mucho, afectando la cantidad de semillas y frutos producida. A causa del reducido tamaño de las hojas, de la defoliación prematura y de la detención del crecimiento lateral, las plantas deficientes en nitrógeno se ven siempre débiles y poco frondosas.

Se puede apreciar en algunas plantas como manifestación hojas nevadas (**figura 5**)



Fig. 5



DEFICIENCIAS DE POTACIO.

Los síntomas de esta deficiencia varían de acuerdo con la mayor o menor gravedad de la misma. Hay poca referencia en la literatura sobre los síntomas en frijoles, sin embargo, los síntomas foliares tienen mucha importancia y, aunque algo variados, suelen ser característicos de las diferentes especies de plantas. El color de las hojas puede ser glauco, sin brillo, y puede presentarse clorosis, especialmente entre los nervios. Invariablemente, se observa uno de los síntomas siguientes (que comienzan por las hojas más jóvenes. La **figura 6** muestra referencias de la literatura en leguminosas.

FOLLAJE

Deficiencia de potasio

Foliolos curvados hacia el envés; clorosis intervenal y quemadura marginal parda. Bordes quemados y enrollados hacia la haz.

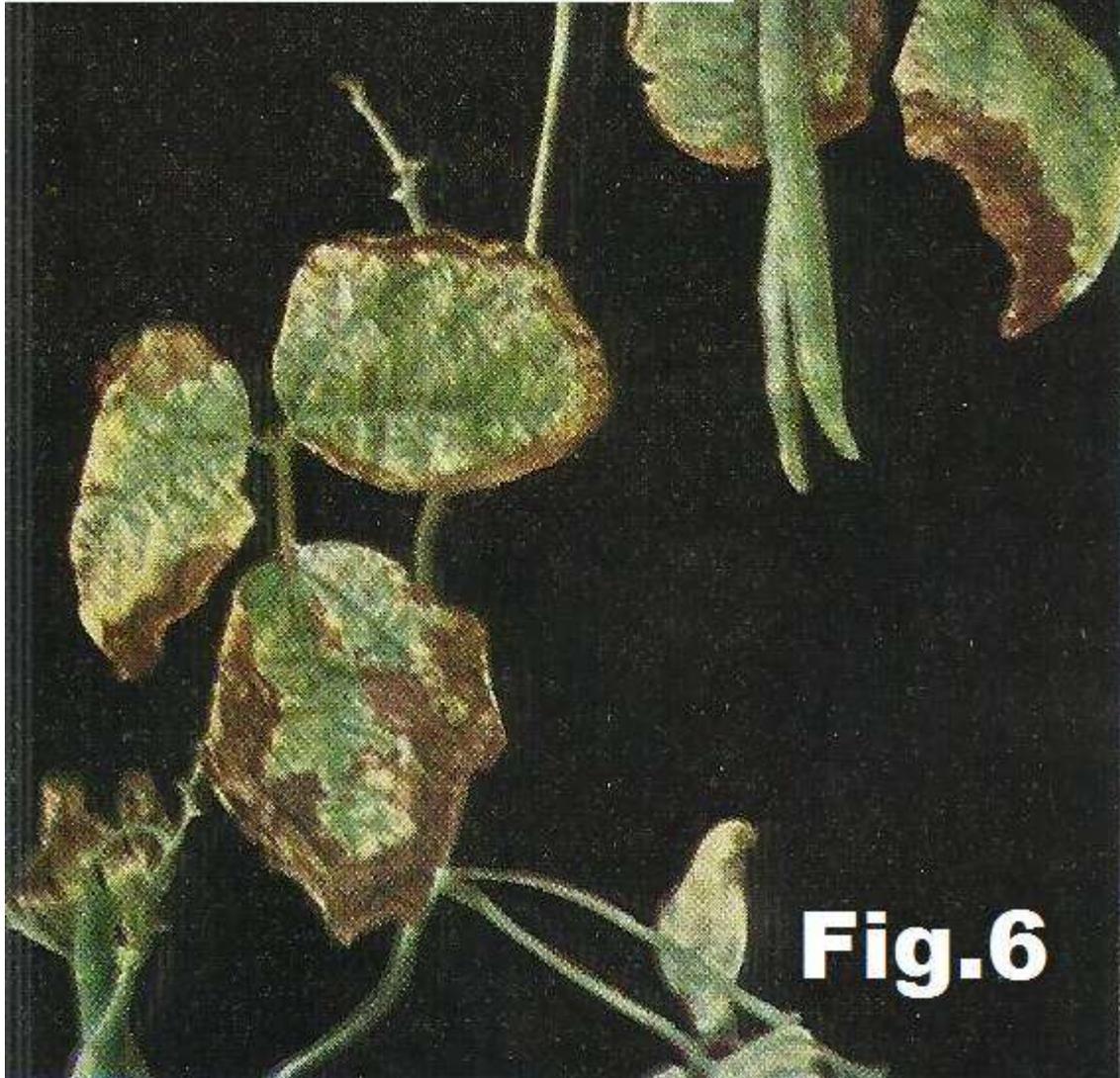
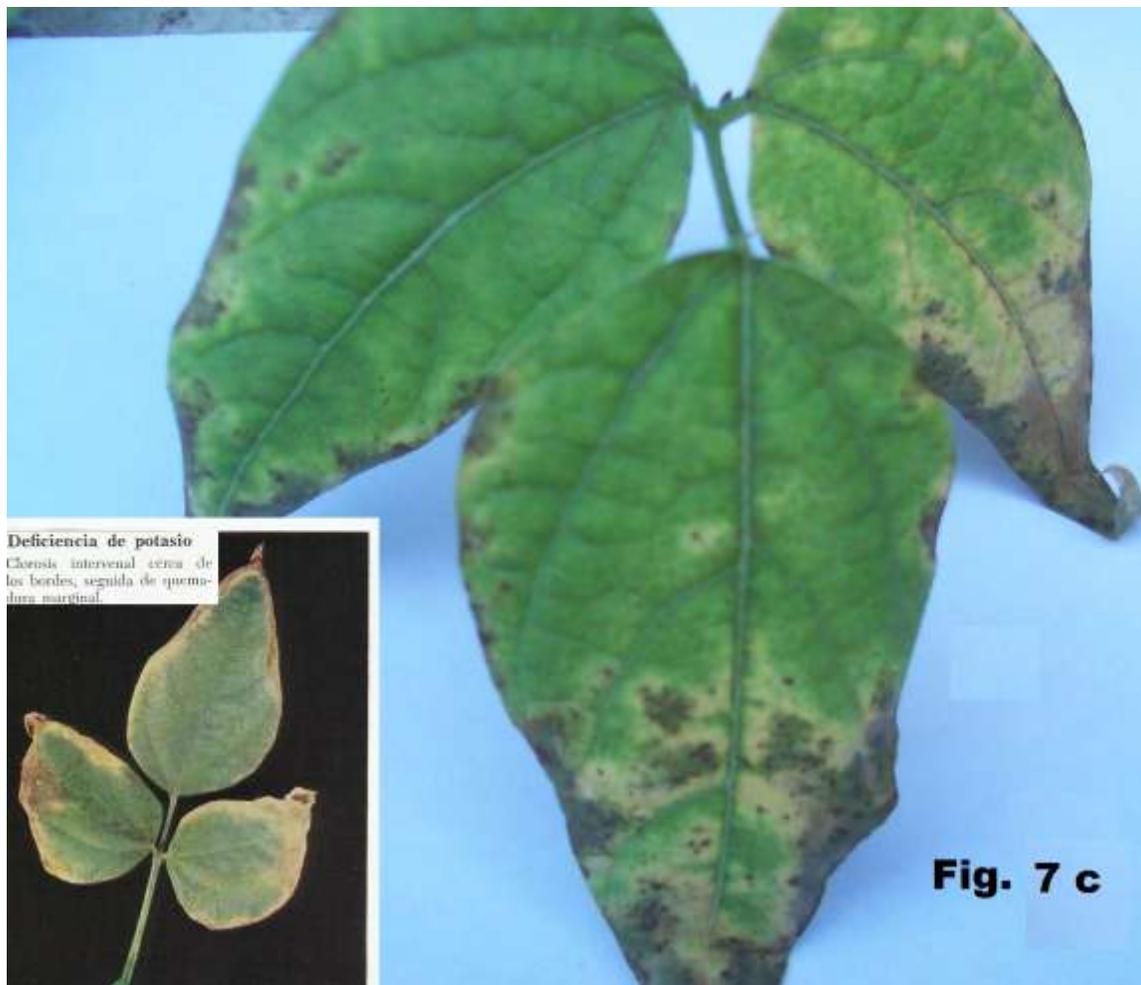


Fig.6

La figura 7 (a época temprana, b época tardía y c comparación con las deficiencias que reporta la literatura) muestra los síntomas de las deficiencias de potasio en las plantas del experimento que además de los bordes quemados, presentan tamaño

achaparrado con folíolos pequeños y clorosis marginal, no se puede confundir con las carencias de fósforo porque aquí las hojas basales se secan pronto (**figura 8**).





DEFICIENCIAS DE FÓSFORO.

Esta deficiencia produce efectos muy parecidos a los de la deficiencia de nitrógeno. Así, el crecimiento de los ápices caulinares y las raíces se reduce mucho; los brotes son cortos y delgados, y crecen erectos; las hojas son pequeñas; la defoliación es prematura y comienza por las hojas más viejas; las ramas son escasas y las yemas laterales se secan o permanecen durmientes; la floración se reduce en extremo, y la producción de semillas y frutos es, por tanto, muy escasa; las yemas, las hojas y las flores tardan en abrirse en primavera. Todo lo indicado hasta aquí es aplicable tanto a la falta de nitrógeno como a la de fósforo.

Existen, sin embargo, algunas diferencias. Por ejemplo, en la deficiencia de fósforo el color de las hojas es generalmente de un verde-azulado pálido y los tintes que luego se forman son purpúreos, más bien que amarillos o rojos, o bien se manifiestan como un bronceado claro con manchas purpúreas o pardas (**figura 8**). Los bordes de las hojas pueden también mostrar quemaduras pardas.

La insuficiencia de fósforo en las leguminosas tiene gran importancia. La planta queda pequeña y los tallos y pecíolos son delgados; las hojas presentan un color verde mate o verde-azulado pálido, aparecen en ellas manchas purpurinas o bronceadas y más tarde se tornan amarillas; muchos pecíolos se secan y caen; las plantas se debilitan progresivamente y su follaje resulta escaso.

Aunque la pigmentación purpurina es muy común en las plantas que crecen en condiciones de insuficiencia de fósforo, esta característica debe usarse con gran cautela al hacer el diagnóstico, porque puede deberse a otras causas, cuya probabilidad tiene que considerarse antes de poder atribuir el síntoma a aquella deficiencia, la floración es escasa.





Figura 9 muestra la representación que hace la literatura en frijoles de las deficiencias de fósforo la cual no expone con exactitud los síntomas necesarios para que el agricultor pueda hacer un adecuado diagnóstico.

A continuación se representan dos momentos del desarrollo en el experimento que se desatacan los síntomas de forma representativa. (**Figura 10a y 10b**)



La **figura 10 c** muestra una planta de frijol rojo Velasco largo en su etapa de floración con todos los síntomas característicos de deficiencia de fósforo.



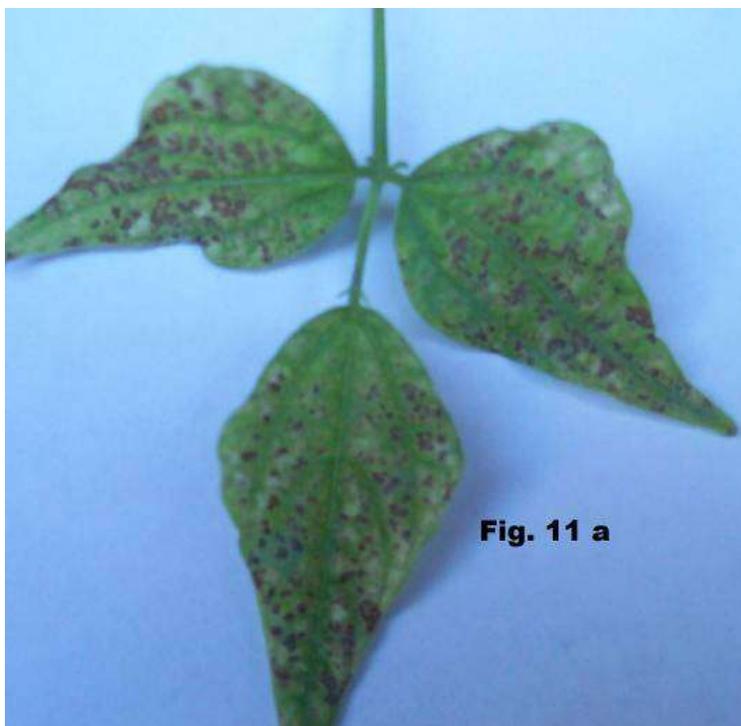
DEFICIENCIA DE MAGNESIO.

Los síntomas de esta deficiencia son más acusados en el follaje; comienzan siempre en las hojas más viejas y avanzan sistemáticamente hacia las más jóvenes. Son comunes los efectos cloróticos, lo que no es de extrañar si se tiene en cuenta que el magnesio es un componente de la clorofila.

En muchas leguminosas como guisante, frijol común, tréboles, alfalfa las porciones centrales de las hojas muestran manchas cloróticas internervales, pero los bordes permanecen verdes o se colorean.

En muchas plantas, las hojas inferiores o las situadas en la base de las ramas floríferas manifiestan una clorosis internerval y luego pueden desarrollarse manchas amarillas en las zonas cloróticas. Los bordes pueden permanecer verdes o no y a veces tienden a enrollarse hacia el haz. Después aparecen manchas necróticas

intervenales, y por último las hojas se secan y caen o quedan colgando de los tallos. Cuando la deficiencia es aguda, todo el follaje, excepto las hojas más jóvenes, puede manifestar una intensa clorosis.





DEFICIENCIAS DE HIERRO.

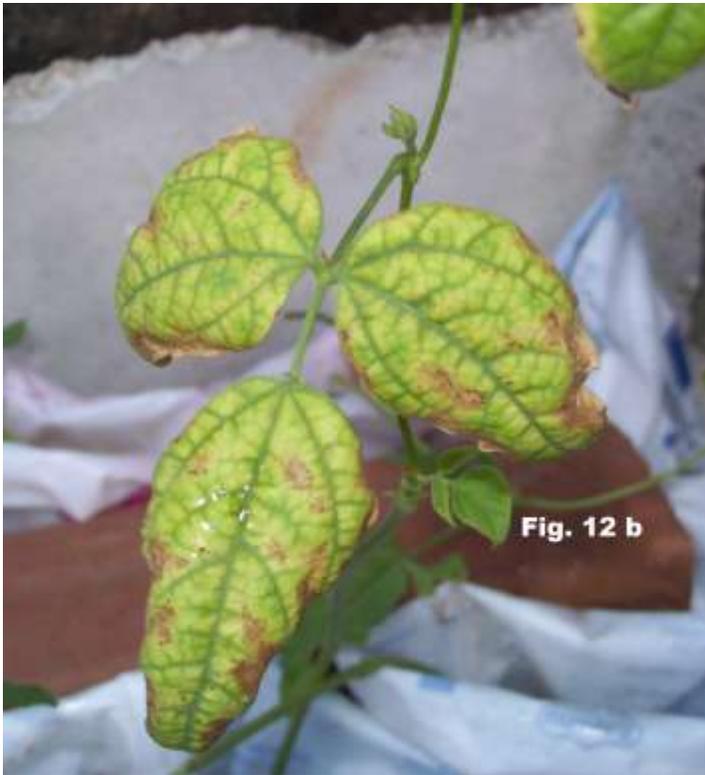
La deficiencia de hierro es mucho más común en árboles que en los cultivos hortícolas o agrícolas, aunque el frijol puede verse en suelos muy deficientes afectado. El síntoma principal es siempre una clorosis intensa de las hojas; los brotes jóvenes son los más seriamente afectados. En ciertos casos las hojas pueden decolorarse casi totalmente, y en otros la clorosis puede presentarse a modo de un moteado. En condiciones extremas, los bordes y ápices de las hojas se queman. La clorosis por deficiencia de hierro que se presenta en los suelos ricos en cal se suele llamar *clorosis cálcica*.

Las plantas jóvenes manifiestan, especialmente en las partes superiores, una intensa clorosis y los ápices de las hojas se secan. A veces la planta deviene muy endeble, En se mantiene achaparrada y acaba por morir.

La serie de fotografía se muestra la evolución que tuvieron las plantas en el experimento figura 12 a 22 días de sembrada, b a los 37 días y c en su etapa de floración y fructificación.

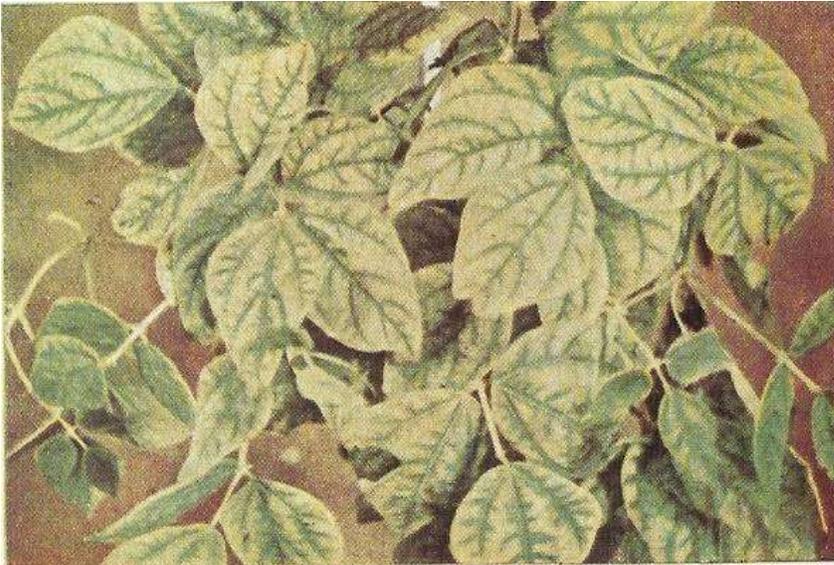


El la **figura 12 a**, se aprecian otros síntomas como el apacharramiento y la presencia de folíolos jóvenes pequeños.



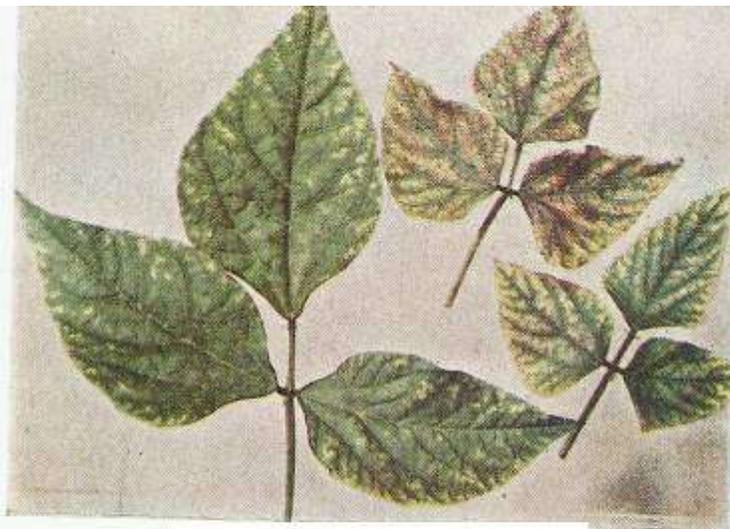
REPRESENTACIÓN DE OTRAS DEFICIENCIAS IMPORTANTES EN EL FRIJOL.

A continuación representamos algunas fotografías de otras deficiencias que aunque no fueron objeto de estudio del experimento se considera que no son menos importantes y que en algunos suelos cubanos en especial de la provincia de Sancti Spíritus pueden presentarse, para ello retomamos de la literatura consultada algunas imágenes de la familia fabácea.



FRÍJOL COMÚN
Deficiencia de manganeso

Hojas con intensa clorosis intervenal.

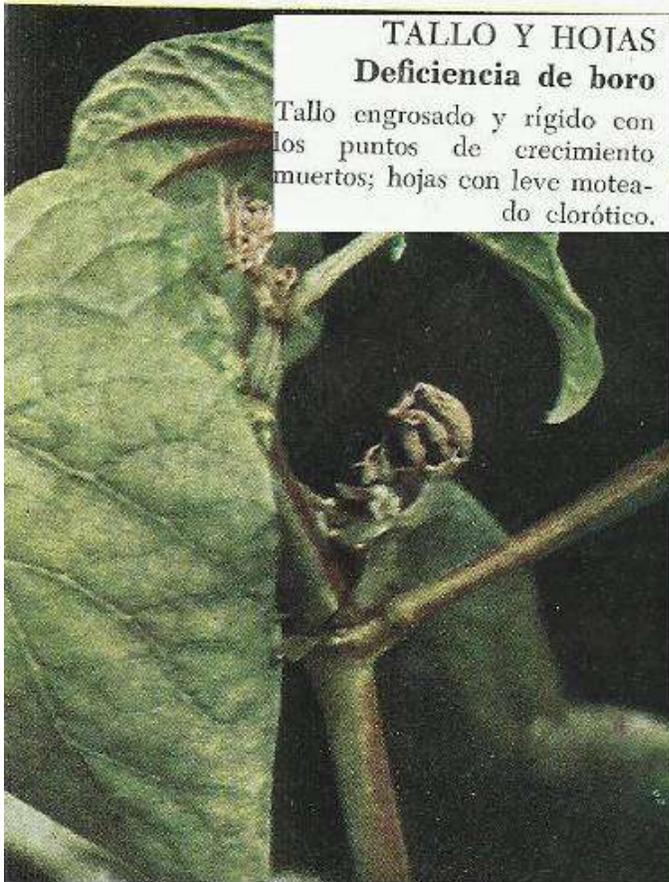


Toxicidad de manganeso
(complejo de acidez del suelo)

Clorosis intervenal y finas manchas necróticas pardas.

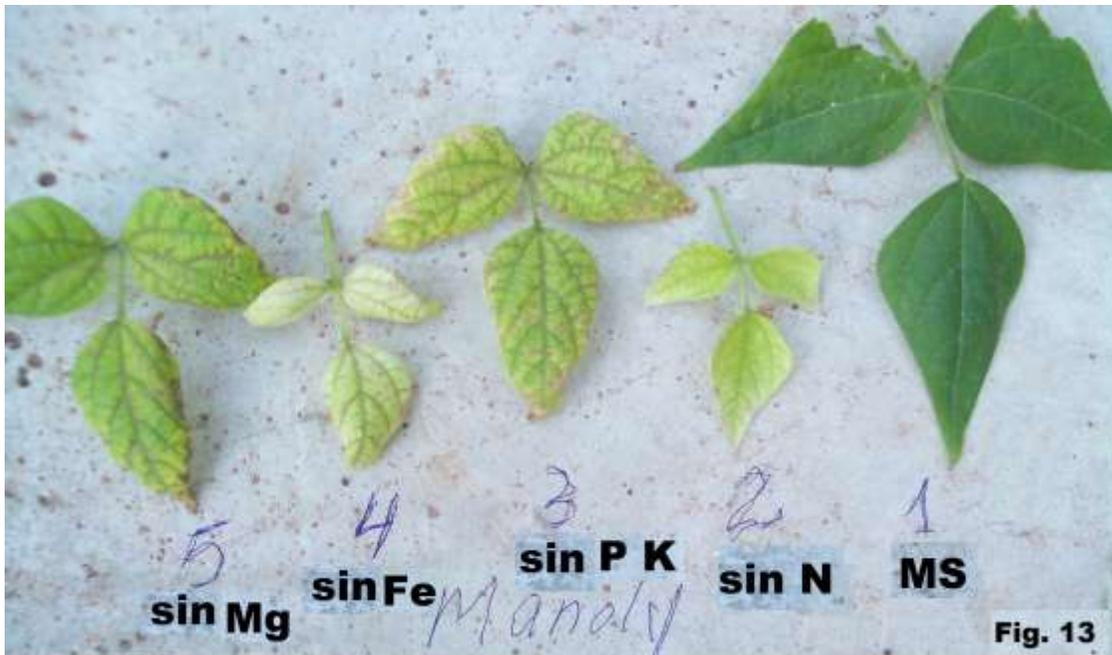
TALLO Y HOJAS
Deficiencia de boro

Tallo engrosado y rígido con los puntos de crecimiento muertos; hojas con leve moteado clorótico.



Conclusiones.

A partir de las conclusiones del experimento se puede resumir en una fotografía la comparación de los signos y síntomas más comunes en las hojas del frijol rojo variedad Velasco Largo, como órgano primario para el diagnóstico como representa la figura 13.



La fotografía muestra el conjunto del montaje del experimento.



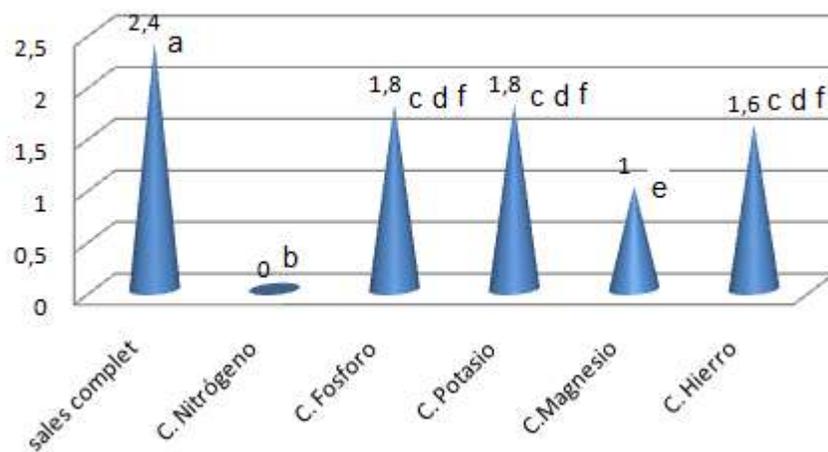
Anexo 4. Descripción estadística de los datos.

ANOVA

ALTURA, No DE FLORES y No DE VAINAS

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| Inter-grupos | 551,307 | 5 | 110,261 | 4,589 | ,005 |
| Intra-grupos | 528,550 | 22 | 24,025 | | |
| Total | 1079,857 | 27 | | | |

Número de flores por plantas



Número de vainas por plantas

