

**BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

FERTILIZACION CON MACROELEMENTOS
EN ALMACIGOS DE HULE (Hevea brasiliensis)

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ciencias Agrícolas

FERTILIZACION CON MACROELEMENTOS
EN ALMACIGOS DE HULE (Hevea brasiliensis)

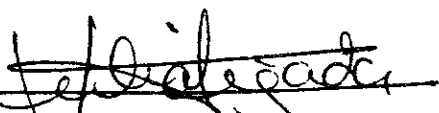
MARIO OSCAR RIVERA BOY

Trabajo de investigación presentado
para optar al grado académico de
Licenciado en Ciencias Agrícolas

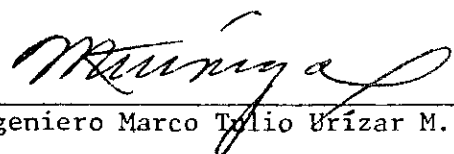
Guatemala

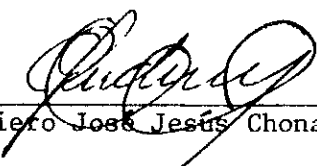
1982

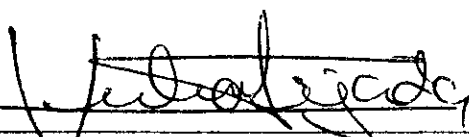
Vo.Bo.:

(f) 
Ingeniero Julio Tejada Castillo
Asesor

Tribunal:

(f) 
Ingeniero Marco Tulio Urizar M.

(f) 
Ingeniero José Jesús Chonay Pantzay

(f) 
Ingeniero Julio Tejada Castillo

Fecha de aprobación: 26 de Noviembre de 1982.

Agradezco su valiosa colaboración a las personas
que me ayudaron a realizar este trabajo:

Ing. Julio Tejada, Ing. Marco Tulio Urizar e Ing.
José Chonay de la Universidad del Valle de Guate-
mala;

Mi padre, Ing. Mario Rivera Toledo;

Ing. Guillermo Peláez;

Mi familia.

RESUMEN

El uso de fertilizantes en la agricultura, ha sido de utilidad en la obtención de mayor productividad en gran cantidad de cultivos, logrando con ello mayores beneficios económicos. Con el propósito de evaluar los efectos de la fertilización a base de nitrógeno, fósforo y potasio en el desarrollo de plántulas de hule (Hevea brasiliensis) en su fase de almácigo, se evaluaron 64 tratamientos, formulándose las combinaciones de los tres macroelementos con sus efectos lineales e interacciones, en tres niveles y tres frecuencias de aplicación. El diseño experimental empleado fue el de bloques al azar. Como datos de comparación se tomaron medidas del diámetro del tallo al nivel del suelo, altura de la planta hasta el ápice del tallo, y se determinó el peso húmedo y peso seco de las plántulas.

Los resultados se sometieron a análisis de varianza, separación de medias (D.S.H. al 10%), análisis de regresión, y correlaciones entre las variables medidas. Para cada tratamiento de la frecuencia cuatro, se realizaron análisis de suelos para determinar la disponibilidad de nutrimentos antes, y durante el desarrollo del trabajo.

En base a los resultados del análisis de regresión, se concluye que el máximo fisiológico para el diámetro del tallo de las plántulas se obtiene con la aplicación de 400 Kg de P_2O_5 /ha, distribuidos en tres épocas de aplicación a los 40, 100 y 190 días después del trasplante.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
A. Descripción botánica del árbol de hule (<u>Hevea brasiliensis</u>)	3
B. Siembra y cuidados culturales de almácigos de hule Hevea	4
C. Condiciones deseables de un suelo para el desarrollo del hule	9
D. Resultados de otros experimentos en ferti- lización de almácigos de hule	9
III. MATERIALES Y METODOS	13
A. Localización y características del área experimental	13
B. Materiales utilizados en el ensayo	13
C. Metodología experimental	13
D. Manejo del experimento	15
IV. RESULTADOS	17
A. Mediciones de diámetro	17
B. Mediciones de altura	24
C. Mediciones de peso húmedo	28
D. Mediciones de peso seco	33
E. Correlaciones entre las variables	37
F. Análisis de regresión múltiple	40
G. Análisis de suelos	43

	Página
V. DISCUSION	47
VI. CONCLUSIONES	49
VII. BIBLIOGRAFIA	51

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Cantidades de nutrimentos requeridos en el suelo en una profundidad de 1 a 30 cm para el desarrollo del hule Hevea	11
2	Cantidad de ingrediente activo aplicado por planta para cada tratamiento	17
3	Epocas de aplicación para cada frecuencia	18
4	Análisis de varianza respecto a diámetros para la frecuencia 3	21
5	Análisis de varianza respecto a diámetros para la frecuencia 4	21
6	Análisis de varianza respecto a diámetros para la frecuencia 5	21
7	Valores promedio de diámetro del tallo para cada nivel y frecuencia de aplicación	22
8	Análisis de varianza respecto a alturas para la frecuencia 3	25
9	Análisis de varianza respecto a alturas para la frecuencia 4	25
10	Análisis de varianza respecto a alturas para la frecuencia 5	25
11	Valores promedio de altura para cada nivel y frecuencia de aplicación	26
12	Análisis de varianza respecto a peso húmedo para la frecuencia 3	30
13	Análisis de varianza respecto a peso húmedo para la frecuencia 4	30
14	Análisis de varianza respecto a peso húmedo para la frecuencia 5	30
15	Valores promedio de peso húmedo para cada nivel y frecuencia de aplicación	31

Tabla	Página
16 Análisis de varianza respecto a peso seco para la frecuencia 3	34
17 Análisis de varianza respecto a peso seco para la frecuencia 4	34
18 Análisis de varianza respecto a peso seco para la frecuencia 5	34
19 Valores promedio de peso seco para cada nivel y frecuencia de aplicación	35
20 Índices de correlación entre las variables respuesta y los tratamientos	38
21 Coeficiente de regresión para los diferentes tratamientos y para el efecto cuadrático de cada elemento	41
22 Máximos fisiológicos determinados por las variables respuesta	42

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Efecto de los tratamientos sobre diámetro del tallo respecto a la frecuencia 4	23
2	Efecto de los tratamientos sobre altura de planta respecto a la frecuencia 4	27
3	Efecto de los tratamientos sobre peso húmedo de las plantas respecto a la frecuencia 4	32
4	Efecto de los tratamientos sobre peso seco de las plantas respecto a la frecuencia 4	36
5	Indices de correlación de los tratamientos con las variables diámetro, altura y peso húmedo	39
6	Resultados de los análisis de suelos	45

I. INTRODUCCION

En Guatemala el consumo interno aparente de hule seco se ha mantenido a lo largo del período 1971-78, en un promedio anual de 2.72 miles de toneladas métricas. Las exportaciones de hule seco han aumentado considerablemente, al pasar de 1.18 miles de toneladas métricas en 1971 a 6.03 miles de toneladas métricas en 1978. Como consecuencia de la buena aceptación que tiene el producto en el mercado externo, principalmente México y Centro América, que durante el período comprendido de 1971 a 1978 han absorbido un promedio de 84.7% del total de las exportaciones de hule del país; es necesario que existan estudios especiales en las diferentes fases de desarrollo del cultivo, para obtener plantaciones a decuadas, ayudando con esto al desarrollo económico del país (1).

El futuro del caucho sintético depende de su costo, y éste cada día va en aumento, ya que las sustancias utilizadas en la fabricación del caucho, o sea los derivados del petróleo, tienen a cada cierto tiempo mayores costos, y el petróleo es un recurso natural no renovable. Nin gún caucho sintético aisladamente, es tan útil como el natural en todos los sentidos.

A la fecha son pocas las investigaciones que se han llevado a cabo en Guatemala diseñadas especialmente para conocer los requerimientos del cultivo en cuanto a los diferentes elementos nutricionales. Con este trabajo se pretende contribuir al estudio de una de las fases del cultivo al dejar cierta base sobre la fertilización de éste.

El objetivo de este trabajo es determinar el tratamiento de fertilización a base de nitrógeno, fósforo y potasio, que represente el máximo

fisiológico para los requerimientos nutricionales de la planta en su fase de almácigo, y que sirva de base para los trabajos que se realicen en la región de la costa sur de Guatemala.

La hipótesis planteada es que las aplicaciones de nitrógeno, fósforo y potasio en almácigos de hule, incrementan el desarrollo de las plántulas.

II. REVISION DE LITERATURA

A. Descripción botánica del árbol de hule (Hevea brasiliensis)

Este género pertenece a la familia de las Euforbiáceas. Todas las especies del género son monoicas y en su inflorescencia poseen flores masculinas y femeninas separadas, factor que contribuye grandemente a la polinización artificial (4).

El árbol de Hevea es de tamaño mediano de 10 a 20 m de altura, con ramas robustas, lisas y que contienen mucho jugo lechoso o látex (4).

El pecíolo es delgado, verde y de 30-35 cm de largo. Las hojuelas son de tallo corto y elípticas-oblongadas o adobadas-oblongas. La base es angosta y aguda. El ápice es acuminado, las hojuelas individuales son enteras, pinatinervadas de color oscuro por arriba y de color más claro y blancas por debajo, de 5 a 35 cm de largo y de 2.5 a 12.5 cm de ancho (4).

La inflorescencia es axilar y lateral, con tallo laxa en forma de panícula, de muchas flores, y con pubescencia corta. Las flores son unisexuales monoicas, pequeñas y de color amarillo claro. El cáliz es campanulado con 5 segmentos angostamente triangulares. En la flor masculina hay 10 estambres; ellos están connatos formando una columna con las anteras en dos hileras superpuestas. Existe un pequeño disco belloso, de 5 lóbulos (4).

Las flores femeninas son más grandes que las masculinas, el ovario es corto, pubescente y de tres celdas con tres estigmas gruesos, cortos y sésiles (4).

Los frutos son comprimidos, obtusamente trilobados, con cuatro a seis lóbulos, de 3 a 6 cm de diámetro y separados en tres, cuatro a seis bayas

de dos vulvas, el pericarpio es coriáceo y el endocarpio leñoso, las semillas son cuadrangulares ovoides, comprimidas en uno de los lados, de color café oscuro brillante y son de 2 a 3 cm de grueso (4).

B. Siembra y cuidados culturales de almácigos de hule Hevea

1. Selección del terreno. Según Ovalle (9) "antes de construir el almácigo debe saberse qué extensión se va a sembrar en la planta ción para calcular las dimensiones de éste y la cantidad de plantas patro nes necesaria. El terreno que se seleccione deberá estar inmediato a una fuente de agua de tal forma que pueda regarse durante la estación seca. El suelo debe ser fértil, suelto y profundo para facilitar el arranque de las plantas injertadas; también debe ser lo más plano posible para evitar que las corrientes de agua en tiempo de lluvia arrastren tierra y semilla recién sembrada. Hay que tomar en cuenta que para calcular la cantidad necesaria para el almácigo, debe saberse la totalidad de árboles que tendrá la planta ción y multiplicarse por cuatro. En esta forma se tiene un margen suficientemente amplio para reponer la mala semilla al momento de la germinación y las pérdidas de plantas hasta la injertación".

2. Preparación. Según Ovalle (9) "el área de terreno a utilizarse para la siembra debe ser limpiada cuidadosamente, destroncada, ara da y rastreada, evitando los amontonamientos de basura muy cerca, para que no dañe a los almácigos".

3. Trazos y distancias. "Existen varias distancias para la siembra de almácigos, el Centro Experimental Los Brillantes, Retalhuleu, Guatemala, recomienda dos líneas de siembra en cada cama a 30 cm una de otra y las plantas en la línea a 15 cm cada una; entre cama y cama 1.70 m. Otros productores de hule utilizan camas que constan de dos líneas de siem

bra, a 30 cm una de otra y las plantas en la línea a 23 cm cada una; entre cama y cama 90 cm. Ultimamente en la finca Claveínas, Retalhuleu, Guatemala, de acuerdo con sus investigaciones han utilizado el sistema de líneas simples, a 90 cm una de otra y las plantas en la línea a 15 cm cada una, estas distancias han dado muy buen resultado, ya que el número de plantas injertadas logradas, ha sido mayor que el que utilizaban de acuerdo a la recomendación de Brillantes.

4. Semillas. El orden y la calidad de la semilla a usar en los almá-cigos son de importancia para la obtención de plantas que servirán como patrones, en los cuales se injertarán yemas provenientes de clones de alto rendimiento. Los árboles madres, origen de las semillas a usar, deben ser clones resistentes a la Enfermedad Suramericana de la Hoja (Microcyclus ulei), provenientes de árboles de edad madura (9)."

5. Germinadores. Según Roberston (12), "el porcentaje de germinación de semillas de hule es muy bajo, por lo que es mejor germinarlas en camas especiales y trasplantar la semilla germinada al almácigo. Las camas de germinación tienen que ser sombreadas y mantenerse húmedas, si no llueve se les debe regar dos veces al día. Las camas de germinación pueden ser hechas levantando una cama de tierra de 8 a 10 cm arriba del nivel del suelo y formando bordes de tierra en las orillas de la cama de 5 a 7 cm de profundidad y se tapa con una capa de tierra suelta, aserrín o paja para mantenerla húmeda. Después de siete días la semilla debe ser revisada y ver si está germinada. Las semillas ya germinadas deben ser trasplantadas al almácigo".

6. Siembra. Según Ovalle (9), "una forma conveniente de transportar la semilla de las camas de germinación al lugar del almácigo es en

canastos o cajas de madera delgada, colocando en el fondo aserrín húmedo, u hojas jugosas, tapando la semilla para evitar la acción del sol y mantenerla fresca mientras se siembra. Las semillas germinadas han de sembrarse después de sacarse de las camas de germinación. Para sembrar la semilla en las cajas del almácigo se hace uso de una cuerda amarrada a las estacas, la que determina el trazo, esto servirá de guía a un escantillón o marcador hecho de madera con púas colocadas según la distancia de siembra. Este aparato va marcando dos líneas que forman la cama y es manipulado por dos personas. Como el terreno para almácigos ha sido arado previamente, las púas colocadas según la distancia de siembra, o sea el marcador, van dejando agujeros en el suelo, dejando el terreno listo para la siembra".

7. Resiembra. "Aunque se tomen todas las precauciones en el momento de sembrar los almácigos, siempre hay un gran número de fallas por plantas muertas, por lo que se hace rigor la práctica de resiembras. Siempre es necesario practicar por lo menos una resiembra y la operación se inicia ocho días después de sembrados los almácigos. Nunca se deben realizar resiembras cuando éstos tienen más de un mes de plantados, puesto que las plantas ya establecidas dominan a las sembradas, obteniéndose un almácigo con muchas de ellas mal desarrolladas y que nunca alcanzarán el tamaño adecuado para ser injertadas."

8. Limpias. "El control de malezas se practica con machete. Sin embargo la limpia en las líneas de siembra que forman la cama debe hacerse a mano para evitar lastimar las plántulas. Por lo regular se practican seis limpiezas desde que los almácigos son sembrados hasta llegar a tener más del 50% de plantas con 2 cm de diámetro basal del tallo para ser injertadas, cosa que sucede a los nueve o diez meses."

9. Riego. Roberston (12), indica que el riego es uno de los factores indispensables para lograr un buen almácigo y tenerlo listo para injertar en diez meses. El riego aconsejado para el almácigo es el que se hace por inundación ya que el riego aéreo o en forma de lluvia es un factor favorable al desarrollo de la Enfermedad Suramericana de la Hoja. En consecuencia, al preparar el almácigo debe pensarse detenidamente en localizarlo en un lugar donde pueda llevarse el agua por gravedad, lo cual resulta más económico. La cantidad y frecuencia del riego varía con el tipo de suelo, el tiempo y el tamaño y condición de las plantas. En suelos de textura franco-arenosa, deberá cuando menos ponerse semanalmente un equivalente de 37.5 mm de lluvia, disminuyendo esta cantidad en suelos poco permeables (12).
10. Combate de enfermedades fungosas. De las enfermedades del hule Hevea, la más importante en Guatemala es la Suramericana de la Hoja (Microcyclus ulei), para el control de esta enfermedad se aconsejan las aspersiones de fungicidas desde la segunda o tercera semana después de plantados los almácigos (9). La solución a asperjar contiene Dithane Z-78, u otro similar, a razón de 0.454 Kg (1 libra) por cada 189 litros (50 galones) de agua, y adherente. Esta operación debe practicarse con intervalos de 8 a 15 días, según la región y la intensidad de la infección. Las aspersiones han de hacerse rigurosamente durante la estación lluviosa, pudiendo suspenderse durante la época seca en caso de no existir infección. La época seca no favorece el desarrollo del hongo, sin embargo hay lluvias periódicas que pueden mantener un grado de humedad favorable al crecimiento de éste, por lo que en este caso se deberá asperjar el fungicida.
11. Fertilización. Roberston (12), indica que el hule no es muy exigente en la fertilidad del suelo, un programa correcto de fertilizaci

zación puede adelantar bastante el desarrollo del almácigo. Ovalle (9), menciona que no se han llevado a cabo experimentos diseñados especialmente en los requerimientos de las plantas en cuanto a los diferentes elementos. Los programas de fertilización que se siguen, están basados en la experiencia de otros países productores de hule. Según Roberston (12), el programa de fertilización varía mucho según factores como tipo de suelo, que incluye su fertilidad y características físicas, edad del almácigo y estación astronómica. La apariencia de las plantas puede servir de guía. La Estación Experimental Los Brillantes recomienda el siguiente programa: al mismo tiempo de la aspersion de Dithane, se efectúa la fertilización foliar, para aprovechar al máximo el equipo de asperjar, y favorecer el desarrollo del almácigo. Tal operación se realiza agregando el fertilizante en forma de urea al fungicida líquido que ha de asperjarse en cantidad de 2 a 3 Kg por 375 litros de agua, para plántulas de 15 a 60 días. En plantas mayores de 60 días se usa la urea en cantidades de 3.6 Kg en 375 litros de agua. También se fertiliza directamente al suelo en pequeños surcos en medio de las dos líneas de plantas de la cama o en surcos continuos fuera de las dos líneas. El fertilizante que se ha utilizado es una mezcla de urea con 46% de nitrógeno y un compuesto de 16-20-0, en una proporción de 91 Kg de urea por 400 Kg de 16-20-0. La aplicación en el suelo se calcula a razón de 0.45 Kg (1 libra) por cada diez metros cuadrados en tres o cuatro aplicaciones progresivas, según el desarrollo de las plantas. Estas aplicaciones equivalen a 10 gr de ingrediente activo de nitrógeno por metro cuadrado y 3 gr de ingrediente activo de fósforo por metro cuadrado. Hay 24 plantas por metro cuadrado, según las distancias recomendadas por la Estación Los Brillantes.

C. Condiciones del suelo para el desarrollo del hule

1. Propiedades físicas. Profundidad del suelo mayor de 100 cm, libre de capa arcillosa que obstruya el desarrollo de raíces. Permeabilidad lenta, buena aereación, estructura estable, preferentemente friable o firme, buena capacidad de retención de humedad y textura clase franco-arcillosa.
2. Condiciones fisiográficas y ambientables. El terreno deberá tener una pendiente del 3-16%, con un límite superior de 30%, con precipitación anual mayor de 1000 mm, y localizado a una altura de 1 a 600 metros sobre el nivel del mar.
3. Propiedades químicas. Los niveles encontrados en el suelo respecto a: nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio que se observan en la Tabla 1. La reacción del suelo debe ser de acidez fuerte.

D. Resultados de otros experimentos en fertilización de almácigos de hule

1. "Respuestas de Hevea brasiliensis a los fertilizantes en Sur India" (10). En este experimento se midió el diámetro de las plántulas en la base del tallo, y la altura desde la base al meristemo apical del tallo. Se evaluó el efecto de cada elemento independientemente, ensayándose las dosis: 247 y 494 Kg de ingrediente activo/Ha.
 - a. Efecto del nitrógeno. La dosis alta presentó diferencia significativa al 5% sobre la dosis baja. Existió una buena respuesta a la aplicación de nitrógeno porque el suelo había estado bajo severa explotación previamente, y la demanda de nitrógeno era consecuentemente alta. La necesidad de una elevada aplicación de nitrógeno también ha sido mencionada por muchos otros investigadores (2, 7 y 8).

b. Efecto del fósforo. Hubo respuesta a la aplicación, porque la disponibilidad de este elemento era baja (Tabla 1). Middleton (7) y Dijkman (3) han observado efectos benéficos en la aplicación de fósforo a almácigos de hule.

c. Efecto del potasio. Se notó una respuesta negativa porque la disponibilidad de potasio en el suelo era media y la disponibilidad de magnesio era muy baja. Parece ser que un nivel bajo de potasio es suficiente para el buen desarrollo de las plantas. Los reportes de Dijkman (3) y Rhines (11), están de acuerdo con estos resultados.

Basándose en los resultados de estas investigaciones, el Rubber Research Institute of India (RRII), recomienda el siguiente plan de fertilización:

500 Kg de nitrógeno en forma de urea/Ha

250 Kg de P_2O_5 /Ha

100 Kg de K_2O /Ha

2. Rueda (14) en estudio de fertilización en almácigos de hule, recomienda aplicar nitrógeno y fósforo en la siguiente forma:

50.3 g de nitrógeno en forma de urea/m², equivalente a

10.4 g de nitrógeno en forma de urea/planta y

10.5 g de P_2O_5 /m², equivalente a

2.2 g de P_2O_5 /planta

El nitrógeno se distribuyó en 4 aplicaciones y el fósforo se aplicó la mitad de la dosis 7 días antes de la siembra y el resto 40 días después de la siembra.

Tabla 1: Cantidades de nutrimentos requeridos en el suelo en una profundidad de 1 a 30 cm para el desarrollo del hule Hevea

Nutrimento	Baja	Mediana	Alta	Muy alta
N %	< 0.10	0.11-0.25	0.26-0.4	> 0.4
Total N (ppm)	< 250	250-350	350-600	> 600
P asimilable (ppm)	< 11	11-30	60	-
Total K (meq %)	< 0.50	0.51-2.0	2.0-4.0	> 4.0
Total Mg (meq %)	< 0.75	0.76-3.0	3.0-8.0	> 8.0

Fuente: Shorrocks, Victor. Mineral deficiencies in Hevea and associated cover plants. RRIM Malaysia, 1964.

III. MATERIALES Y METODOS

A. Localización y características del área experimental

El experimento se realizó en la finca La Providencia, situada en el municipio de San Antonio Suchitepéquez, departamento de Suchitepéquez, Guatemala. Este lugar se encuentra a 14°29'14" de latitud norte y a 91°23'5" de longitud oeste, a una altura de 242 m.s.n.m. y tiene una precipitación anual de 3,722 mm, distribuidos en 156 días.

El suelo está clasificado como de la serie Suchitepéquez, con las características siguientes: suelo superficial color café oscuro, textura franco-limosa, estructura friable, y espesor de 40-60 cm; subsuelo color café amarillento, textura franco-arcillo-limosa, estructura friable, y espesor aproximado de 100-200 cm. Este suelo está desarrollado sobre material de origen ceniza volcánica de color claro (16).

B. Materiales utilizados en el ensayo

Como material vegetativo se usó semilla de hule Hevea del clon GU-711, desarrollado en la Estación Experimental Los Brillantes, Retalhuleu, Guatemala, proveniente del cruce de los clones GA-190 y IAN-198.

Las fuentes de obtención de cada nutrimento fueron: urea al 46% de nitrógeno, triple superfosfato al 46% de P_2O_5 , muriato de potasio al 60% de K_2O .

C. Metodología experimental

Los tratamientos investigados se basaron en el efecto lineal y sus interacciones, como se presenta en las Tablas 2 y 3. Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con 3 repeticiones.

Las plantas fueron sembradas en el campo en hileras dobles, con distancias de 1.20 m entre hileras dobles, 30 cm entre cada hilera y 20 cm entre

plantas. En cada parcela se sembraron 40 plantas, ocupando un área de 2.4 m^2 ; el experimento ocupó un área total de 465 m^2 .

Los análisis estadísticos realizados con los datos de campo y laboratorio están basados en las siguientes pruebas:

1. Análisis de varianza. Se realizó un análisis de varianza para cada una de las 3 frecuencias, esta prueba se basa en el modelo estadístico:

$$Y_{ij} = M + R_i + B_j + E_{ij}$$

en donde:

Y_{ij} = observación en la unidad experimental del bloque "j" con el tratamiento "i".

M = media general de los tratamientos.

R_i = efecto del tratamiento "i".

B_j = efecto del bloque "j".

E_{ij} = error experimental en la unidad experimental del bloque "j" con el tratamiento "i".

2. Coefficientes de correlación entre las variables. Se obtuvieron las correlaciones entre los tratamientos y las variables respuesta.
3. Análisis de regresión múltiple. Para cada una de las variables respuesta se hizo un análisis de regresión múltiple, el cual se basa en el modelo estadístico:

$$Y = B_0 + B_1N + B_2P + B_3K + B_4NP + B_5NK + B_6PK + B_7NPK \\ + B_8N^2 + B_9P^2 + B_{10}K^2$$

En donde la ecuación muestra cómo la variable respuesta (Y) es afectada por los diferentes tratamientos. El efecto que un tratamiento haya te-

nido en dicha variable, estará determinado por el coeficiente de determinación (B_x) que le corresponda.

D. Manejo del experimento

Los trabajos de preparación del terreno, camas de germinación, siembra y resiembra, se realizaron siguiendo las recomendaciones de la Estación Experimental Los Brillantes, Retalhuleu, Guatemala, según lo explicado en la revisión de literatura. Las otras labores de campo se realizaron de la siguiente forma:

1. El control de malezas se hizo con machete entre las hileras dobles, y la maleza que brotaba entre cada hilera se arrancó a mano para no lastimar las plántulas.
2. El riego se realizó con bomba de motor utilizando el agua del río Pachipá, que pasa cercano a la zona donde se llevó a cabo el experimento.
3. Respecto al control de plagas, se aplicó Aldrín (Hexacloro-hexahidro-dimetanonaftaleno) al 24%, para el control de los zompopos.
4. Para el control de enfermedades foliares se realizaron 5 aplicaciones de Benlate (Benomyl [metil 1-(butilcarbamil)-2 benzimidazole-carbamato]) al 50%, para el control de la enfermedad Mancha Suramericana de la Hoja y otras enfermedades foliares de menor importancia.
5. Análisis de suelos. Se hicieron análisis del suelo para determinar el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, y su valor de pH. Estos se realizaron antes del experimento, haciendo un muestreo general para determinar las condiciones naturales del suelo, y al final del experimento, analizándose las muestras de todas las parcelas de la frecuencia 4. Para la extracción del suelo se escogió material de la capa superficial (15 cm de pro

fundidad), proveniente del lugar donde se colocó el fertilizante.

6. Mediciones. Las plántulas de cada tratamiento fueron medidas al fi
nal del período de desarrollo (240 días después de la siembra) to-
mándose los siguientes datos:

- a. Diámetro del tallo al nivel del suelo.
- b. Altura de planta del nivel del suelo al centro del ápice del tallo.
- c. Peso húmedo y peso seco de las plántulas, para lo cual se se
leccionaron 2 plántulas por parcela, escogiéndolas de acuerdo
a la media en diámetro y altura de cada parcela. Estas mismas plántulas
se secaron al medio ambiente durante 15 días y luego se introdujeron en
un horno eléctrico a una temperatura de 150° C durante 2 horas.

Tabla 2: Total en gramos de ingrediente activo aplicado por planta para cada tratamiento.

Tratamiento		Frecuencia 3			Frecuencia 4			Frecuencia 5			
Nutrimiento	Nivel*	Urea	P ₂ O ₅	K ₂ O	Urea	P ₂ O ₅	K ₂ O	Urea	P ₂ O ₅	K ₂ O	
N	1	3.15	+	-	+	-	4.19	+	-	+	-
N	2	3.77	+	-	+	-	5.02	+	-	+	-
N	3	4.55	+	-	+	-	6.07	+	-	+	-
P	1	-	+	3.15	+	-	-	+	4.19	+	-
P	2	-	+	3.77	+	-	-	+	5.02	+	-
P	3	-	+	4.55	+	-	-	+	6.07	+	-
K	1	-	+	-	+	3.15	-	+	-	+	4.19
K	2	-	+	-	+	3.77	-	+	-	+	5.02
K	3	-	+	-	+	4.55	-	+	-	+	6.07
NP	1	3.15	+	3.15	+	-	4.19	+	4.19	+	-
NP	2	3.77	+	3.77	+	-	5.02	+	5.02	+	-
NP	3	4.55	+	4.55	+	-	6.07	+	6.07	+	-
NK	1	3.15	+	-	+	3.15	4.19	+	-	+	4.19
NK	2	3.77	+	-	+	3.77	5.02	+	-	+	5.02
NK	3	4.55	+	-	+	4.55	6.07	+	-	+	6.07
PK	1	-	+	3.15	+	3.15	-	+	4.19	+	4.19
PK	2	-	+	3.77	+	3.77	-	+	5.02	+	5.02
PK	3	-	+	4.55	+	4.55	-	+	6.07	+	6.07
NPK	1	3.15	+	3.15	+	3.15	4.19	+	4.19	+	4.19
NPK	2	3.77	+	3.77	+	3.77	5.02	+	5.02	+	5.02
NPK	3	4.55	+	4.55	+	4.55	6.07	+	6.07	+	6.07
Testigo	0	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-

* Nivel 1: 84 Kg de i.a./ha
 Nivel 2: 104 Kg de i.a./ha
 Nivel 3: 125 Kg de i.a./ha

Tabla 3: Epocas de aplicación para cada frecuencia

Frecuencia	Días después del trasplante en que se hizo cada aplicación				
	40	70	100	150	190
3	x		x		x
4	x		x	x	x
5	x	x	x	x	x

IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de cada variable se presentan en el siguiente orden: diámetro, altura, peso húmedo y peso seco. A cada variable se le calculó el análisis de varianza, pruebas de Tukey, correlaciones entre las variables y el análisis de regresión múltiple, cuyos resultados se presentan a continuación.

A. Resultados de las mediciones de diámetro

Se calculó un análisis de varianza con su respectiva prueba de Tukey para cada una de las tres frecuencias. Los resultados obtenidos de estos análisis (Tablas 4, 5 y 6) indican que hubo diferencia significativa al 1% entre tratamientos en la frecuencia 3 y 5, y diferencia significativa al 5% entre los de la frecuencia 4; ésto lo comprobaron las pruebas de Tukey (Tabla 7), aunque dichas pruebas hicieron poca discriminación entre los tratamientos, atribuyendo igual efecto a la mayoría de ellos. Para contrastar mejor el efecto entre los tratamientos se elaboró la Fig. 1, en ella se muestran los valores de diámetro de los diferentes tratamientos obtenidos en la frecuencia 4, los valores para las otras dos frecuencias se comportaron de igual forma. En esta figura se puede notar la superioridad en la respuesta a los tratamientos que contienen fósforo (P, NP, PK, NPK), ésto implica que debe considerarse al fósforo como el elemento de mayor efecto en el desarrollo del diámetro del tallo de las plántulas.

También se nota una baja respuesta a la aplicación de nitrógeno, la que se puede distinguir comparando la respuesta entre los tratamientos: N y el testigo, NK y el K, NP y el P, NPK y el PK. La Fig. 1 revela una

respuesta negativa a las aplicaciones de potasio, ésto se puede observar comparando los resultados entre los tratamientos: K y el testigo, P y PK, NP y NPK; se nota una disminución en la respuesta al aplicarse un fertilizante conteniendo potasio.

Los análisis de varianza indican diferencias significativas al 1% entre bloques para las frecuencias 3 y 5, estas diferencias se debieron a variaciones en las condiciones de suelo entre los sitios donde se ubican los bloques.

Los coeficientes de variación de los 3 análisis de varianza (6.50, 7.66 y 7.30), indican que se realizó un buen manejo en el experimento, ya que se considera aceptable este valor si es menor que 20.

Tabla 4: Análisis de varianza respecto a diámetros para la frecuencia 3

	G.L.	C.M.	F.C.	F.T.	
				0.05	0.01
Tratamientos	21	5.1592	3.3119**	1.82	2.35
Bloques	2	10.1377			
Error	42	1.5578			
C.V.: 6.5					

** diferencia significativa al 1%

Tabla 5: Análisis de varianza respecto a diámetros para la frecuencia 4

	G.L.	C.M.	F.C.	F.T.	
				0.05	0.01
Tratamientos	21	3.3556	1.8414*	1.82	2.35
Bloques	2	0.4331			
Error	42				
C.V.: 7.6					

* diferencia significativa al 5%

Tabla 6: Análisis de varianza respecto a diámetros para la frecuencia 5

	G.L.	C.M.	F.C.	F.T.	
				0.05	0.01
Tratamientos	21	3.3863	2.3870**	1.82	2.35
Bloques	2	6.8248			
Error	42	1.6071			
C.V.: 7.3					

** diferencia significativa al 1%

Tabla 7: Valores promedio de diámetro del tallo para cada nivel y frecuencia de aplicación.

Fertilizante ¹	Nivel ²	Medias de los tratamientos ³		
		Frec. 3	Frec. 4	Frec. 5
N	1	16.78 a	16.10 b	17.01 a
N	2	16.57 a	16.79 a	16.60 a
N	3	16.68 a	17.47 a	16.23 a
P	1	18.59 a	18.92 a	18.83 a
P	2	18.77 a	18.63 a	18.62 a
P	3	18.95 a	18.23 a	18.89 a
K	1	16.43 a	16.11 b	15.96 a
K	2	15.43 b	16.06 b	15.31 b
K	3	15.84 b	15.92 b	16.27 a
NP	1	18.55 a	19.07 a	17.67 a
NP	2	18.74 a	18.61 a	18.06 a
NP	3	18.42 a	18.38 a	18.03 a
NK	1	17.20 a	17.29 a	16.95 a
NK	2	16.40 a	17.31 a	16.05 a
NK	3	16.61 a	16.90 a	16.18 a
PK	1	18.97 a	18.37 a	18.64 a
PK	2	19.18 a	17.91 a	17.45 a
PK	3	19.45 a	18.46 a	18.59 a
NPK	1	18.66 a	18.34 a	17.88 a
NPK	2	18.82 a	18.81 a	18.73 a
NPK	3	18.15 a	17.84 a	18.01 a
D.S.H.		3.57	2.94	3.02

1 y 2: Los valores correspondientes a cada tratamiento son el promedio de lecturas de 3 réplicas con 40 plantas por réplica.

3: Los valores de las medias de cada columna seguidos de la misma letra, no presentan diferencia significativa al 5%.

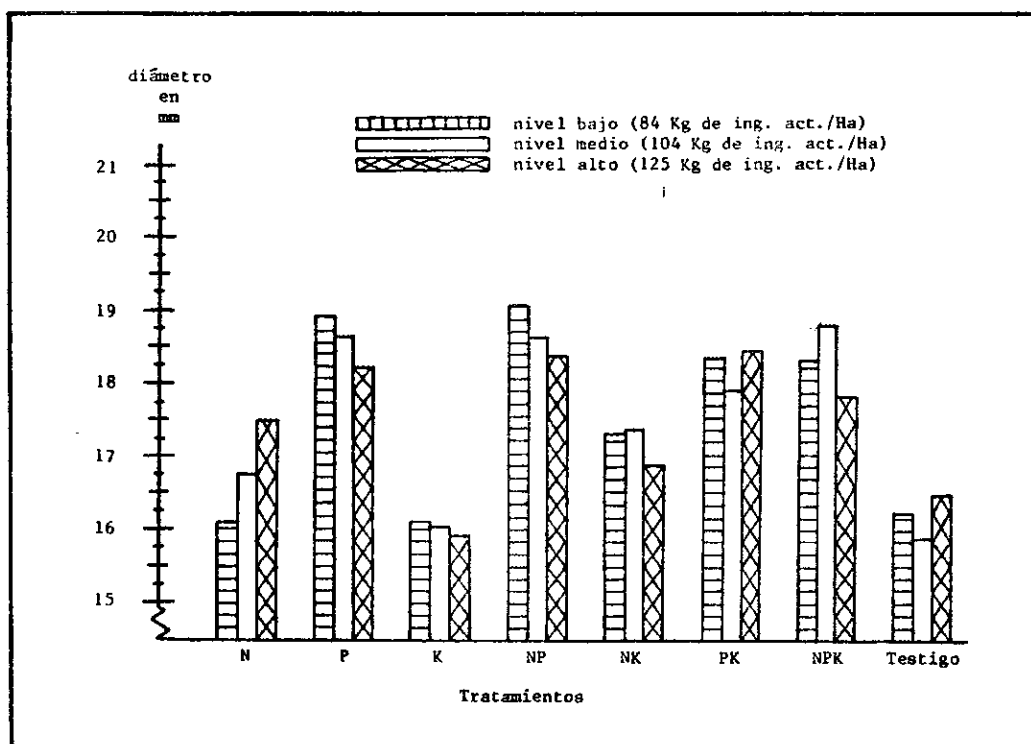


Fig. 1: Efecto de los tratamientos sobre diámetro del tallo respecto a la frecuencia 4.

B. Resultados de las mediciones de altura

Los resultados de estos análisis (Tablas 8, 9 y 10) coinciden exactamente con lo obtenido en las mediciones del diámetro. Estos datos indican que hubo diferencia significativa al 1% entre tratamientos para la frecuencia 3 y 5, y que no hubo diferencia entre tratamientos para la frecuencia 4. Las pruebas de Tukey (Tabla 11) no hicieron seria discriminación entre los tratamientos, colocando a casi todos con igual efecto. La Fig. 2 muestra los valores en altura para los diferentes tratamientos, y nuevamente se presenta una clara superioridad de los tratamientos que contienen fósforo (P, NP, PK y NPK), mostrando la importancia de la aplicación de este elemento. También se revela una leve respuesta a la aplicación de nitrógeno, la cual se observa cualitativamente al comparar entre los tratamientos: N y el testigo, NK y el K, NPK y el PK (no se presentó diferencia entre el NP y el P). Nuevamente se hace notorio un efecto negativo en las aplicaciones de potasio, lo cual se observa comparando los tratamientos: K y el testigo, PK y el P, NPK y el NP; ya que los tratamientos que tuvieron aplicación de potasio, dieron una respuesta menor en altura. Esto no se cumplió entre los tratamientos NK y N.

Los análisis de varianza señalan diferencias significativas al 1% entre bloques para la frecuencia 5, diferencias provocadas por la variación en la calidad del suelo. No se reportan diferencias entre bloques para las frecuencias 3 y 4.

Los coeficientes de variación de los análisis de varianza (6.80, 7.85 y 6.68) muestran que se llevó a cabo un buen manejo en el experimento, ya que los valores son menores que 20.

Tabla 8: Análisis de varianza respecto a alturas para la frecuencia 3

	G.L.	C.M.	F.C.	F.T.	
				0.05	0.01
Tratamientos	21	489.5817	4.1349**	1.82	2.35
Bloques	2	94.5045			
Error	42	118.4010			
C. V.: 6.8					

** diferencia significativa al 1%

Tabla 9: Análisis de varianza respecto a alturas para la frecuencia 4

	G.L.	C.M.	F.C.	F.T.	
				0.05	0.01
Tratamientos	21	261.8824	1.6939 ^{NS}	1.82	2.35
Bloques	2	13.7220			
Error	42	154.6060			
C. V.: 7.8					

NS no diferencia significativa

Tabla 10: Análisis de varianza respecto a alturas para la frecuencia 5

	G.L.	C.M.	F.C.	F.T.	
				0.05	0.01
Tratamientos	21	290.6170	2.6850**	1.82	2.35
Bloques	2	463.4030			
Error	42	108.2365			
C. V.: 6.6					

** diferencia significativa al 1%

Tabla 11: Valores promedio de altura para cada nivel y frecuencia de aplicación.

Fertilizante ¹	Nivel ²	Medias de los tratamientos ³		
		Frec. 3	Frec. 4	Frec. 5
N	1	148.67 a	144.33 a	154.33 a
N	2	144.00 b	151.00 a	150.67 a
N	3	143.67 b	154.57 a	143.67 a
P	1	164.33 a	172.00 a	166.67 a
P	2	168.67 a	168.57 a	168.00 a
P	3	178.00 a	163.67 a	171.67 a
K	1	150.00 a	146.67 a	144.67 a
K	2	143.00 b	143.00 a	139.00 b
K	3	145.33 b	145.33 a	144.67 a
NP	1	163.00 a	172.00 a	160.00 a
NP	2	171.67 a	169.00 a	166.33 a
NP	3	168.67 a	161.67 a	160.00 a
NK	1	155.67 a	158.33 a	150.00 a
NK	2	150.00 a	159.33 a	143.67 a
NK	3	149.33 a	153.00 a	146.33 a
PK	1	174.67 a	161.33 a	166.67 a
PK	2	175.67 a	155.33 a	161.67 a
PK	3	171.67 a	161.33 a	160.00 a
NPK	1	173.00 a	165.67 a	158.67 a
NPK	2	176.67 a	169.67 a	165.33 a
NPK	3	162.33 a	162.00 a	160.00 a
Testigo	0	144.11 b	146.33 a	145.78 a
D.S.H.		31.10	35.54	29.73

1 y 2: Los valores correspondientes a cada tratamiento son el promedio de lecturas de 3 réplicas con 40 plantas por réplica.

3: Los valores de las medias de cada columna seguidos de la misma letra, no presentan diferencia significativa al 5%.

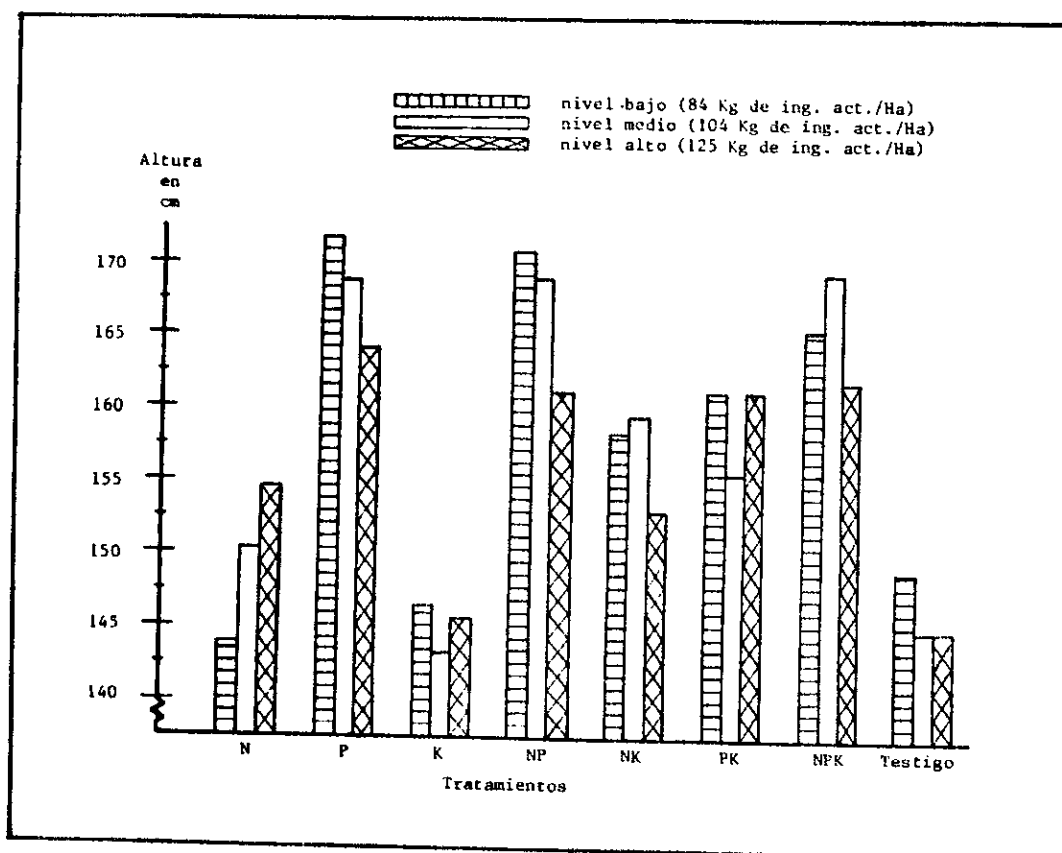


Fig. 2: Efecto de los tratamientos sobre altura de planta respecto a la frecuencia 4.

C. Resultados de las mediciones de peso húmedo

Los análisis de varianza calculados para esta variable (Tablas 12, 13 y 14) muestran los mismos resultados que los obtenidos en los análisis de las dos variables anteriores. Estos datos indican que hubo diferencia significativa al 1% entre tratamientos en la frecuencia 3 y 5, y que no hubo diferencia significativa al 5% entre los tratamientos de la frecuencia 4. Las pruebas de Tukey (Tabla 15) hacen cierta discriminación entre los tratamientos de la frecuencia 3; es notorio como se coloca por debajo del resto a los tratamientos que contienen nitrógeno y/o potasio, no atribuyéndoles efecto alguno, ya que se les coloca como equivalentes al testigo. En la prueba de Tukey para la frecuencia 4, se corroboró lo afirmado en el análisis de varianza, no encontrándose diferencia significativa al 5% entre los tratamientos. La prueba de Tukey para la frecuencia 5 coloca nuevamente a los tratamientos que contienen nitrógeno y potasio, y al testigo, por debajo del resto; este es otro dato que refleja la baja respuesta que hubo a la aplicación de estos dos elementos.

La Fig. 3, muestra el mismo comportamiento de la respuesta a los tratamientos que lo mostrado en las variables anteriores, esto es: clara superioridad de los tratamientos que contienen fósforo (P, NP, PK y NPK), leve respuesta a la aplicación de nitrógeno, y un efecto negativo en la respuesta a las aplicaciones de potasio.

Los análisis de varianza reportan diferencias significativas al 5% entre bloques para la frecuencia 3, indicando nuevamente que se presentó un gradiente en las condiciones del suelo. Los coeficientes de va-

riación para los análisis de varianza (20.21, 23.97 y 20.09), no son aceptables por sobrepasar el valor de 20. Dichos valores restan con fiabilidad a los resultados obtenidos en estas mediciones.

Tabla 12: Análisis de varianza respecto a peso húmedo para la frecuencia 3

	G.L.	C.M.	F.C.	F.T.	
				0.05	0.01
Tratamientos	21	21631.2591	3.7093**	1.82	2.35
Bloques	2	11695.1365			
Error	42	5831.6443			
C. V.: 20.2					

** diferencia significativa al 1%

Tabla 13: Análisis de varianza respecto a peso húmedo para la frecuencia 4

	G.L.	C.M.	F.C.	F.T.	
				0.05	0.01
Tratamientos	21	8690.3377	1.0828 ^{NS}	1.82	2.35
Bloques	2	14056.9545			
Error	42	8025.7165			
C. V.: 24.0					

NS no diferencia significativa

Tabla 14: Análisis de varianza respecto a peso húmedo para la frecuencia 5

	G.L.	C.M.	F.C.	F.T.	
				0.05	0.01
Tratamientos	21	15871.0133	2.3549**	1.82	2.35
Bloques	2	1210.4050			
Error	42	6739.6633			
C. V.: 20.0					

** diferencia significativa al 1%

Tabla 15: Valores promedio de peso húmedo para cada nivel y frecuencia de aplicación.

Tratamiento		Medias de los tratamientos ³		
Fertilizante ¹	Nivel ²	Frec. 3	Frec. 4	Frec. 5
N	1	297.00 a	297.00 a	430.67 a
N	2	283.33 b	308.67 a	375.67 a
N	3	283.67 b	373.33 a	340.67 a
P	1	418.00 a	427.00 a	487.33 a
P	2	426.00 a	409.00 a	448.00 a
P	3	406.67 a	396.33 a	519.00 a
K	1	315.67 b	341.33 a	366.00 a
K	2	278.00 b	324.33 a	327.00 a
K	3	275.67 b	264.33 a	324.67 a
NP	1	440.00 a	452.67 a	398.00 a
NP	2	410.67 a	417.00 a	551.67 a
NP	3	466.00 a	454.00 a	401.00 a
NK	1	352.00 a	331.67 a	385.00 a
NK	2	307.00 b	404.67 a	314.33 b
NK	3	308.33 b	339.33 a	296.33 b
PK	1	393.33 a	411.33 a	485.33 a
PK	2	441.67 a	402.33 a	459.67 a
PK	3	523.33 a	374.33 a	473.67 a
NPK	1	480.67 a	388.67 a	400.00 a
NPK	2	410.33 a	406.67 a	466.67 a
NPK	3	534.33 a	410.00 a	430.33 a
Testigo	0	262.33 b	288.00 a	308.00 b
D.S.H.		218.24	256.03	234.62

1 y 2: Los valores correspondientes a cada tratamiento son el promedio de lecturas de 3 réplicas con 40 plantas por réplica.

3: Los valores de las medias de cada columna seguidos de la misma letra, no presentan diferencia significativa al 5%.

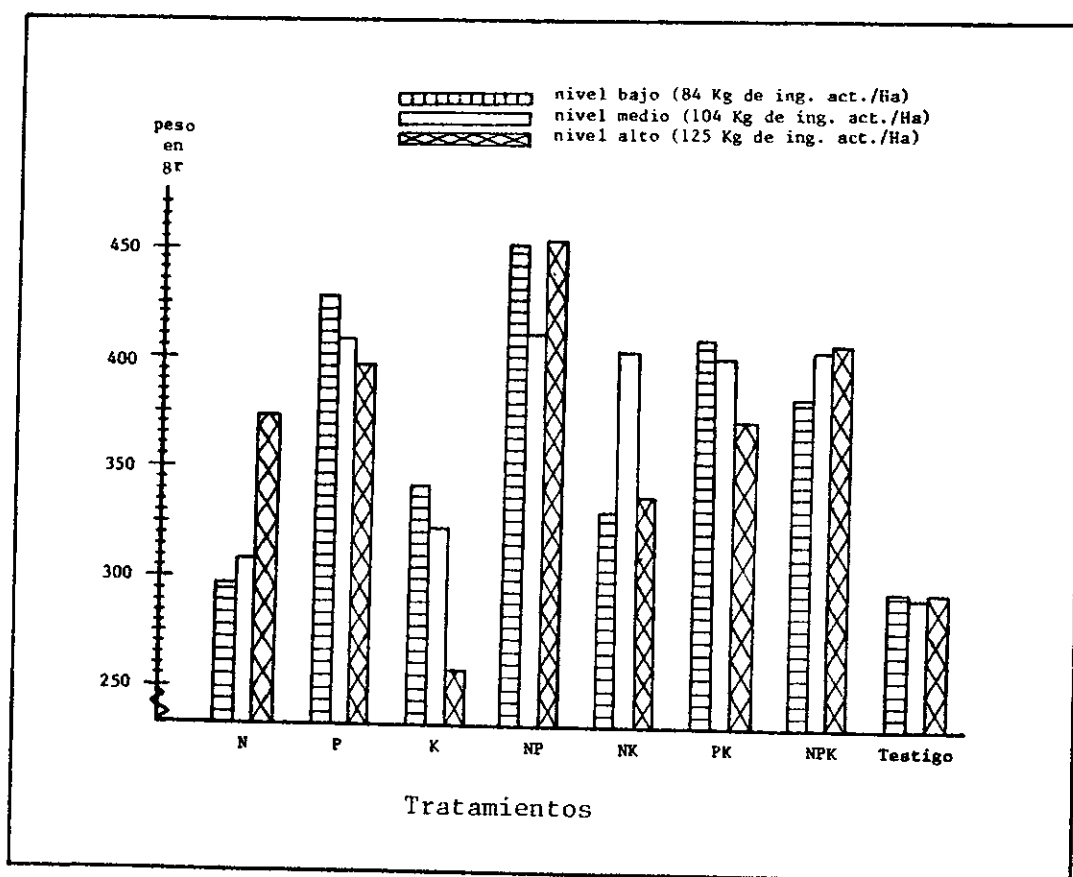


Fig. 3: Efecto de los tratamientos sobre peso húmedo de las plantas respecto a la frecuencia 4.

D. Resultados de las mediciones de peso seco

Los resultados de los análisis de varianza (Tablas 16, 17 y 18) coinciden con los obtenidos para las variables anteriores. Estos datos indican que hubo diferencia significativa al 1% entre tratamientos para las frecuencias 3 y 5, y que no hubo diferencias entre tratamientos para la frecuencia 4. Las pruebas de Tukey señalan lo mismo que se obtuvo en la variable de peso húmedo. La Fig. 4 muestra el comportamiento de los tratamientos en la misma forma que las otras variables, esto es: mayor respuesta a los tratamientos que contienen fósforo, baja respuesta a los tratamientos que contienen nitrógeno, y un efecto negativo a las aplicaciones de potasio.

Los análisis de varianza reportan que hubo diferencias significativas al 5% entre bloques para las frecuencias 3 y 4, indicando la variación en condiciones de suelo que se presentó en el experimento. Los coeficientes de variación de estos análisis (21.07, 24.51 y 20.19), al igual que en la variable peso húmedo, no son aceptables por sobrepasar el valor de 20.

Tabla 16: Análisis de varianza respecto a peso seco para la frecuencia 3

	G.L.	C.M.	F.C.	F.T.	
				0.05	0.01
Tratamientos	21	21117.6948	3.7849**	1.82	2.35
Bloques	2	11867.3790			
Error	42	5579.4740			
C. V.: 21.0					

** diferencia significativa al 1%

Tabla 17: Análisis de varianza respecto a peso seco para la frecuencia 4

	G.L.	C.M.	F.C.	F.T.	
				0.05	0.01
Tratamientos	21	8195.2042	1.1241 ^{NS}	1.82	2.35
Bloques	2	17645.7730			
Error	42	7290.4553			
C. V.: 24.5					

NS no diferencia significativa

Tabla 18: Análisis de varianza respecto a peso seco para la frecuencia 5

	G.L.	C.M.	F.C.	F.T.	
				0.05	0.01
Tratamientos	21	16954.1832	2.4119**	1.82	2.35
Bloques	2	1175.3812			
Error	42	7029.39			
C. V.: 20.1					

** diferencia significativa al 1%

Tabla 19: Valores promedio de peso seco para cada nivel y frecuencia de aplicación.

Tratamiento		Medias de los tratamientos ³		
Fertilizante ¹	Nivel ²	Frec. 3	Frec. 4	Frec. 5
N	1	138.00 b	137.67 a	205.00 a
N	2	132.00 b	141.67 a	158.67 a
N	3	128.33 b	176.00 a	159.00 a
P	1	194.00 a	185.33 a	222.67 a
P	2	199.33 a	190.33 a	192.33 a
P	3	193.00 a	184.33 a	247.00 a
K	1	146.67 b	162.33 a	170.00 a
K	2	127.33 b	150.67 a	151.00 a
K	3	128.00 b	121.67 a	152.67 a
NP	1	207.67 a	214.33 a	186.00 a
NP	2	191.67 a	197.67 a	261.00 a
NP	3	220.00 a	214.67 a	189.00 a
NK	1	166.33 a	156.33 a	180.67 a
NK	2	142.33 b	191.33 a	145.67 a
NK	3	142.67 b	157.67 a	136.00 b
PK	1	183.33 a	194.00 a	231.00 a
PK	2	207.00 a	188.67 a	218.67 a
PK	3	252.33 a	173.33 a	222.67 a
NPK	1	228.00 a	182.00 a	187.67 a
NPK	2	194.67 a	191.00 a	222.67 a
NPK	3	255.33 a	193.33 a	204.33 a
Testigo	0	122.33 b	130.33 a	144.67 a
D.S.H.		106.73	122.01	119.80

1 y 2: Los valores correspondientes a cada tratamiento son el promedio de lecturas de 3 réplicas con 40 plantas por réplica.

3: Los valores de las medias de cada columna seguidos de la misma letra, no presentan diferencia significativa al 5%.

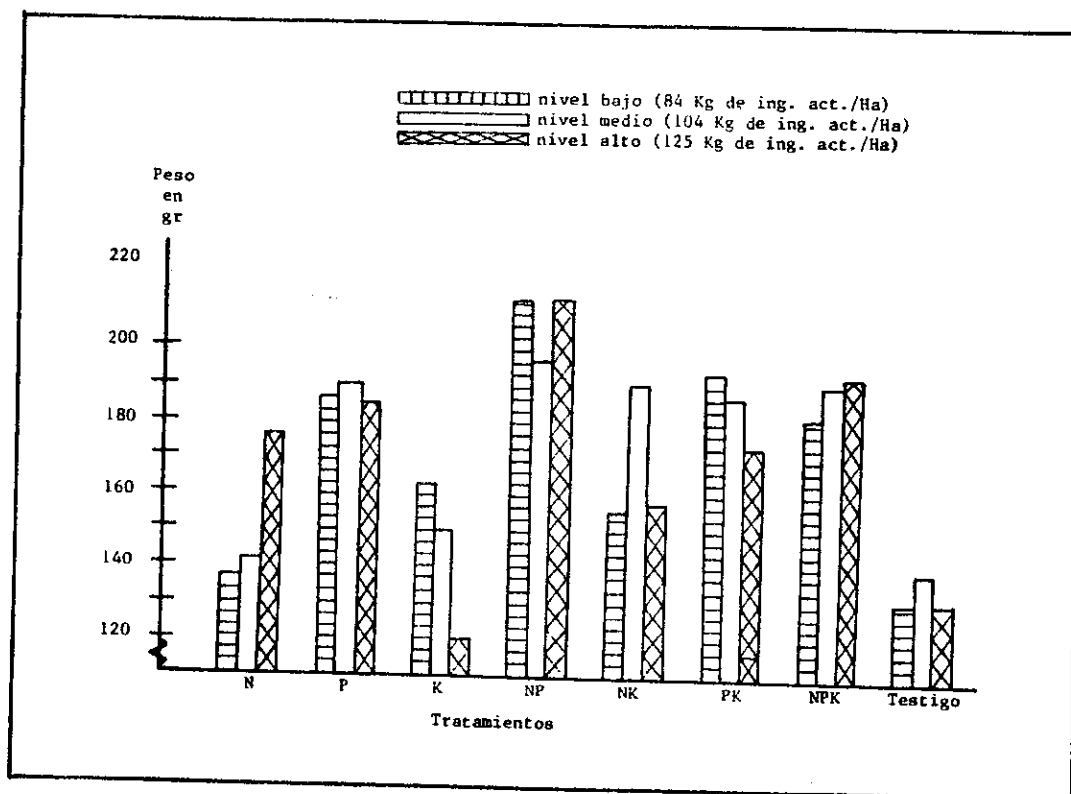


Fig. 4: Efecto de los tratamientos sobre peso seco de las plantas respecto a la frecuencia 4.

E. Resultados de la correlación entre las variables

Los índices de correlación entre las variables respuesta y los tratamientos (Tabla 20) se usaron para construir la Fig. 5. En ésta puede observarse la superioridad que presentan los índices correspondientes a los tratamientos que contienen fósforo (P, NP, PK y NPK), en el que sobresale el tratamiento P, lo cual muestra un efecto negativo al agregar K y N a la dosis. Esta afirmación la corrobora el hecho de que se presentaron índices de correlación negativos para los tratamientos N, K, y NK. Todas estas observaciones coinciden con lo expuesto en las figuras construidas en base a las medias de cada tratamiento (Figs. 1, 2, 3 y 4), lo que viene a dar mayor confiabilidad a los resultados obtenidos.

Tabla 20: Índices de correlación entre las variables respuesta y los tratamientos.

Tratamiento	Altura	Diámetro	Peso húmedo	Peso seco
N	-0.05948	-0.03191	0.01906	0.02974
P	0.56680	0.57571	0.56593	0.56218
K	-0.15158	-0.12678	-0.05105	-0.02830
NP	0.21756	0.23105	0.28114	0.29806
NK	-0.03787	-0.03398	-0.01858	-0.00245
PK	0.20008	0.26083	0.28084	0.29518
NPK	0.11202	0.13138	0.14558	0.16117

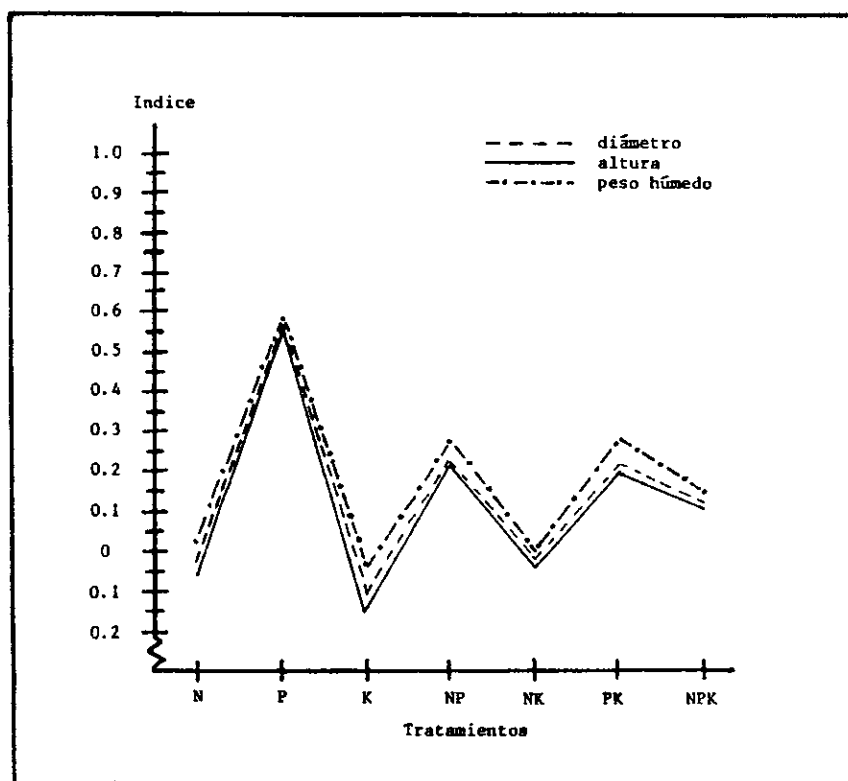


Fig. 5: Índices de correlación de los tratamientos con las variables diámetro, altura y peso húmedo.

F. Resultados del análisis de regresión múltiple

Los coeficientes de regresión de los tratamientos, que se presentan en la Tabla 21, determinan la ecuación que cuantifica el efecto que tuvo cada tratamiento; se reporta el mismo efecto de éstos a lo mostrado en los resultados anteriores. Analizando los coeficientes determinados por cada variable, sobresalen los correspondientes al fósforo; y ya que los análisis de los resultados sobre las medias de los tratamientos y sobre las correlaciones entre las variables, también reportaron que únicamente la aplicación de fósforo tuvo un efecto positivo en el desarrollo de la planta, se eliminó el resto de coeficientes, llegándose al siguiente modelo ajustado: $Y = B_0 + B_1P + B_2P^2$. Este modelo se utilizó para determinar el máximo fisiológico del fósforo, obteniendo la ecuación: $P = B_1/2B_2$ que se evaluó para cada una de las variables, con los resultados que se presentan en la Tabla 22.

Tomando en cuenta que las variables diámetro y altura fueron medidas en la totalidad de las plantas, y que se obtuvieron resultados semejantes en ambas variables en los análisis realizados, se tuvo mayor credibilidad en los resultados provenientes de ellas, y principalmente en el máximo fisiológico determinado por el diámetro, ya que es la característica que condiciona la injertación. El máximo fisiológico según la variable diámetro es: 398.90 Kg de P_2O_5 /Ha.

Tabla 21: Coeficiente de regresión para los diferentes tratamientos y para el efecto cuadrático de cada elemento.

variable tratamiento	diámetro	altura	peso húmedo	peso seco
N	0.2352677×10^{-2}	0.1701245×10^{-1}	0.1632318×10^0	0.1730096×10^0
P	0.1100902×10^{-1}	0.1036797×10^0	0.5340093×10^0	0.5069962×10^0
K	0.5710316×10^{-3}	0.1948937×10^{-1}	0.1650497×10^0	0.1755637×10^0
NP	$-0.4608919 \times 10^{-5}$	$-0.4480062 \times 10^{-4}$	$-0.3101351 \times 10^{-3}$	$-0.2455235 \times 10^{-3}$
NK	0.2860828×10^{-6}	0.9394938×10^{-5}	$-0.2164911 \times 10^{-3}$	$-0.1974398 \times 10^{-3}$
PK	$-0.6614510 \times 10^{-6}$	$-0.2797181 \times 10^{-4}$	$-0.1820763 \times 10^{-3}$	$-0.1496844 \times 10^{-3}$
NPK	0.3413441×10^{-3}	0.5172837×10^{-7}	0.3933260×10^{-6}	0.3181048×10^{-6}
N ²	$-0.2444060 \times 10^{-5}$	$-0.1935145 \times 10^{-4}$	$-0.4394929 \times 10^{-4}$	$-0.8738852 \times 10^{-4}$
P ²	$-0.1122645 \times 10^{-4}$	$-0.1008684 \times 10^{-3}$	$-0.3427193 \times 10^{-3}$	$-0.3381560 \times 10^{-3}$
K ²	$-0.2046961 \times 10^{-5}$	$-0.4518460 \times 10^{-4}$	$-0.1751291 \times 10^{-3}$	$-0.1928711 \times 10^{-3}$

Tabla 22: Máximos fisiológicos determinados por las variables respuesta.

Variable	Máximo fisiológico para la aplicación de fósforo (g de P_2O_5 /planta)
Diámetro	4.83
Altura	4.59
Peso húmedo	6.60
Peso seco	6.56

G. Resultados de los análisis de suelos

Los resultados de estos análisis se presentan en la Fig. 6.

1. Resultados del contenido de nitrógeno. Todos los valores para el contenido de este elemento son bajos según los requerimientos del cultivo (Tabla 1). El contenido de nitrógeno amoniacal presenta una baja en el tratamiento P, con un valor incluso menor que la muestra inicial y el testigo; el resto de valores obtenidos en este análisis no difieren mucho entre sí, sin haberse presentado los altibajos que se esperaban debido a la aplicación de nitrógeno en algunos tratamientos.

El contenido de nitrógeno nítrico presenta resultados inesperados. Los tratamientos en los que se aplicó nitrógeno tienen valores alrededor de 10 ppm, sin embargo, los tratamientos P y PK tienen valores de 11 y 16 ppm lo cual no parece tener explicación debido a la respuesta positiva que hubo a la aplicación de fósforo.

2. Resultados del contenido de fósforo. Se presentan valores medios (35 ppm) para los tratamientos que tuvieron aplicación de fósforo, y valores bajos (18 ppm) para los que no se les aplicó este elemento. Esto indica que no fue absorbida la totalidad del fósforo que se aplicó, aunque se logró elevar el contenido de este elemento a niveles aceptables.

3. Resultados del contenido de potasio. Se obtuvieron valores altos para todos los tratamientos a excepción del NP. El testigo y la muestra inicial también dieron valores altos, lo cual indica que las aplicaciones de potasio no alteraron significativamente el contenido de potasio asimilable en el suelo. Se nota una ligera baja en los valores que corresponden a los tratamientos que contienen fósforo, ésto lo provocó la respuesta positiva que se tuvo al aplicar fósforo.

4. Resultados del valor en pH. Los valores de pH determinados en los análisis indican una reacción de acidez débil en el suelo (6-6.4 en pH), lo cual está muy lejos de la reacción de acidez muy fuerte (4.5 en pH) recomendada por el Rubber Research Institute of Malaysia (13). Se presentaron valores más altos para los tratamientos P y K, mientras que los demás tratamientos se restringieron a valores en pH de 6-6.2.

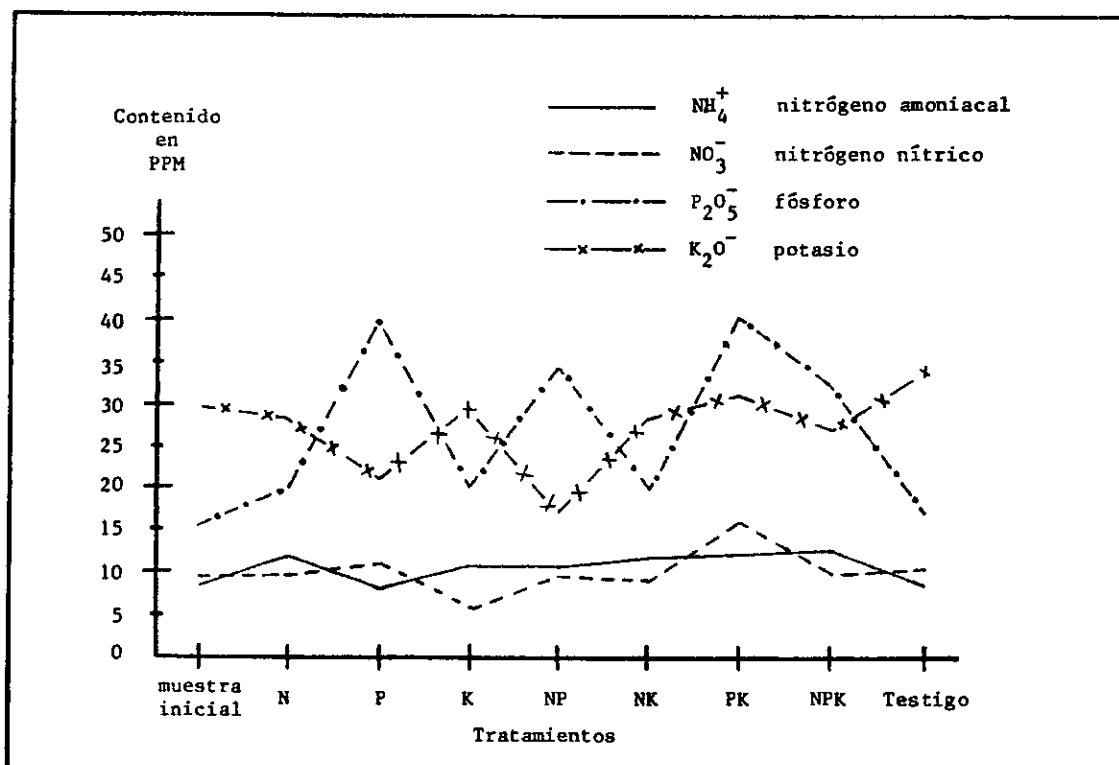


Fig. 6: Resultados de los análisis de suelos.

V. DISCUSION

La fertilización con fósforo demostró ser un insumo con justificación económica, ya que el 80% de plántulas a las que se aplicó este fertilizante, llegaron al diámetro de injertación en el tiempo necesario y presentaron mayor vigor; mientras que al no aplicarse este elemento, no se logró obtener plántulas adecuadas para la injertación.

No se presentó respuesta a la aplicación de nitrógeno, a pesar de que los análisis de suelo realizados previo al experimento reportaron bajo contenido de este elemento; esto indica que los requerimientos de nitrógeno de la planta son bajos.

Las aplicaciones de fósforo tuvieron un efecto muy positivo en el crecimiento de las plántulas, según lo demostrado por los análisis de las mediciones. Los contenidos de este elemento en el suelo eran bajos, y al realizar las aplicaciones, este nivel se elevó a niveles medios, lográndose suplir los requerimientos de fósforo de la planta.

Los niveles en contenido de potasio obtenidos al analizar el suelo, indicaron niveles medios, con lo que se logró satisfacer los requerimientos del cultivo; y en consecuencia, las aplicaciones de este elemento provocaron un efecto negativo en el crecimiento de las plántulas, probablemente motivado por un antagonismo con el magnesio.

Lo observado en este ensayo concuerda con el experimento "Respuestas de Hevea brasiliensis a los fertilizantes en Sur India" (10), mencionado en la revisión de literatura. Aunque basándose en dicho ensayo se recomienda aplicar los 3 elementos, se aclara que al realizarse la siembra en terrenos que no han sido explotados previamente, no hay respuesta a la a-

plicación de nitrógeno, y mencionan que se da una respuesta negativa a la aplicación de potasio cuando la disponibilidad es media, como aconteció en la presente investigación.

En la investigación "Fertilización con nitrógeno y fósforo en almárigos de hule en Retalhuleu" (14), se reporta que hubo respuesta a la aplicación de nitrógeno; esto lo justifica el hecho de que el nitrógeno disponible en el suelo era menor, por no tratarse de un terreno descansado como el caso de este experimento. El máximo fisiológico para el fósforo que determina dicha investigación, es aproximadamente 2 veces menor que el de este ensayo; esto se debe a que la disponibilidad de fósforo donde se trabajó el mencionado experimento era mayor.

Los resultados de este experimento fueron claros y consistentes, ya que los diferentes análisis realizados mostraron el mismo efecto de los tratamientos, y además, los resultados concuerdan con lo observado en otras experiencias consultadas, dando ésto mayor confiabilidad a los datos obtenidos.

VI. CONCLUSIONES

Únicamente hubo respuesta a las aplicaciones a base de fósforo. El máximo fisiológico para su aplicación, según las mediciones de diámetro es: 398.90 Kg de P_2O_5 /ha, distribuido en tres aplicaciones, a los 40, 100 y 190 días después del trasplante, equivalente a 1.61 g de P_2O_5 /planta en cada aplicación; según las mediciones de altura, el máximo fisiológico es: 378.39 Kg de P_2O_5 /ha, distribuidos en tres aplicaciones, equivalente a 1.53 g de P_2O_5 /planta en cada aplicación.

Aunque la disponibilidad de nitrógeno en el suelo era baja, no se presentó respuesta a las aplicaciones de este elemento.

Las aplicaciones de potasio provocaron una respuesta negativa en el desarrollo de la planta, lo que indica que niveles medios en contenido de este elemento en el suelo, satisfacen los requerimientos nutricionales.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Banco de Guatemala. Situación nacional e internacional del hule natural; sus perspectivas y conveniencias de establecer un nuevo programa de fomento. Informe económico 25, Oct.-Dic. 1978 61 pp.
2. Bolle, J. Effect on nutrient deficiencies on growth, chlorophyll, rubber and mineral contents of Tjir l seedlings. Rubber Research Institute of Malaya. 1954 209 pp.
3. Dijkman, M. J. Hevea, thirty years of research in the Far East. 1951 Florida University of Miami Press. U.S.A. 22 pp.
4. Estrada, L. R. Análisis agroeconómico del cultivo del hule (Hevea brasiliensis) en Guatemala y sus perspectivas para el desarrollo de la zona norte. Tesis para Licenciatura en Ciencias Agrícolas, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1979 103 pp.
5. Hach. Science products for Agriculture, Instruction manual soilab model A-21200. U.S.A. 1980 40 pp.
6. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. Registros climáticos. Guatemala. 1979 296 pp.
7. Middleton, K., T. Chin. A comparison of rock phosphate with super phosphate, and ammonium sulphate with sodium nitrate as sources of phosphorus and nitrogen for rubber seedlings. 1. The effect upon growth and soil pH. Rubber Research Institute of Malaya. 1964 109 pp.
8. _____, T. Chin, G. Iyir. A comparison of rock phosphate with super phosphate, and ammonium sulphate with sodium nitrate as sources of phosphorus and nitrogen for rubber seedlings. 2. Association with abnormal growth and effect on wood strength. Rubber Research Institute of Malaya. 1964 108 pp.
9. Ovalle, C. A. Manual del cultivo del hule Hevea en Guatemala. 1975 DIGESA. 99 pp.
10. Punoose, K. I., S. N. Mathew, M. Potty, C. M. George. Responses of Hevea brasiliensis to fertilisers in South India. Proceedings Volume Three, International Rubber Conference. Rubber Research Institute of India. Kottayam. 1975 12 pp.
11. Rhines, C. E., J. Mc Ganack, C. J. Ginke. Mineral nutrition of Hevea brasiliensis. Rubber Research Institute of Malaya. 67 pp.