

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EVALUACION DE LA ABSORCION DE N-P-K Y SUS
EFECTOS EN LA SINTOMATOLOGIA DE
DEFICIENCIAS EN EL CULTIVO DE LA PIÑA
(*Ananas comosus*, Merr.) EN LA LOCALIDAD DE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ

T E S I S

Presentada a la Junta Directiva de la
Facultad de Agronomía de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

P O R:

LUIS ALFREDO TOBAR PIRIL

Al conferírsele el título de:

INGENIERO AGRONOMO

En el grado académico de:

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, FEBRERO DE 1981

01
T(477)
C.3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano:	Dr. Antonio Sandoval
Vocal 1o.:	Ing. Agr. Carlos Orlando Arjona
Vocal 2o.:	Ing. Agr. Gustavo Méndez
Vocal 3o.:	Ing. Agr. Néstor Fernando Vargas
Vocal 4o.:	P.A. Efraín Medina
Vocal 5o.:	Prof. Edgar Franco
Secretario:	Ing. Agr. Carlos Salcedo

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL
EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano:	Dr. Antonio Sandoval
Examinador:	Ing. Agr. Salvador Castillo
Examinador:	Ing. Agr. Hugo Tobías
Examinador:	Ing. Agr. Ronaldo Prado
Secretario:	Ing. Agr. Carlos Salcedo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano:	Dr. Antonio Samboval
Vocal 1.º:	Ing. Agr. Carlos Orlando Arjona
Vocal 2.º:	Ing. Agr. Gustavo Méndez
Vocal 3.º:	Ing. Agr. Néstor Fernando Vargas
Vocal 4.º:	P.A. Efraín Méndez
Vocal 5.º:	Prof. Edgar Franco
Secretario:	Ing. Agr. Carlos Salcedo

TRIBUNAL QUE PRACITICO EL
EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano	Dr. Antonio Samboval
Examinador	Ing. Agr. Salvador Castillo
Examinador	Ing. Agr. Hugo Tobías
Examinador	Ing. Agr. Ronaldo Prado
Secretario	Ing. Agr. Carlos Salcedo

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Conforme lo establecido por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, atentamente, tengo el honor de dirigirme a ustedes para someter a su consideración el trabajo titulado: "EVALUACION DE LA ABSORCION DE NIVELES DE N-P-K Y SUS EFECTOS EN LA SINTOMATOLOGIA DE DEFICIENCIAS EN EL CULTIVO DE LA PIÑA (*Ananas comosus*, Merr.) EN LA LOCALIDAD DE MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ," previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Sin otro particular me es grato suscribirme de ustedes atentamente.

Luis Alfredo Tobar Piril



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto

19 de enero de 1981.

Dr. Decano de la
Facultad de Agronomía
Dr. Antonio Sandoval S.
PRESENTE.

Dr. Decano:

Atendiendo a la designación que nos hiciera el Decanato a su digno cargo, tenemos el agrado de informar a Ud. que hemos asesorado al estudiante LUIS ALFREDO TORRES FIRIL en la ejecución de su trabajo de tesis de grado titulado: "EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN DE N-P-K Y SUS EFECTOS EN LA SINTOMATOLOGÍA DE DEFICIENCIAS EN EL CULTIVO DE LA PÍÑA (Ananas comosus Merr.), EN LA LOCALIDAD DE MACATEMARCO, SUCHITEPEQUEZ"

Se presenta esta tesis, basada en el método científico y como un trabajo quizá único en su especie realizado en Guatemala tendiente a evaluar en forma preliminar los efectos de niveles de los nutrimentos mayores en cuanto al tiempo y época de absorción, así como su efectividad en la corrección de los síntomas de deficiencias.

Consideramos que los resultados del trabajo son halagadores y prometen ser la base científica a nivel preliminar para una serie de inquietudes en la investigación de los nutrimentos íntimamente interrelacionados en el sistema SUELO-PLANTA de diferentes cultivos y en distintos medios eco-edáficos con fines de producción.

Por lo anteriormente expuesto, el trabajo del estudiante TORRES FIRIL, cumple con los requisitos que debe llenar una tesis de grado a nivel superior, y en consecuencia recomendamos que el mismo le sea aprobado para su discusión y defensa en el Examen General Público que el autor debe sostener en el acto de su graduación.

Es nuestro deseo dejar constancia del empeño y dedicación que el



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1945

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

-2-

Referencia

Asunto

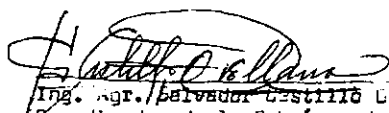
Estudiante Tobar Firil mantuvo durante la programación, ejecución de campo y laboratorio y trabajo de gabinete de este estudio, motivo por el cual expresamos nuestra sincera felicitación.

Sin mas por el momento, nos es grato suscribirnos del Sr. Decano con muestras de consideración y aprecio.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. Mario Melgar.
Coordinador de la Sub-área de
Cuantificación e Investigación.
ASESOR.




Ing. Agr. Salvador Castiella U.
Coordinador de la Sub-área de
Manejo y Uso de Suelo y Agua.
ASESOR.



ACTO QUE DEDICO

A MIS PADRES

Francisco Tobar
Flora Píril de Tobar

Por su empeño y abnegación en mi formación. Que mi triunfo lo consideren como propio.

A MIS HERMANOS

Hugo, Edy, Noé,
Floridalma y Gerson

Con amor fraternal. Exitos en sus carreras profesionales.

A MIS CUÑADOS

Cándida de Tobar, Jorge,
Haroldo, Rebeca, Sandra y
Brenda Chávez Gálvez

Con especial cariño.

A MI SOBRINA

Mirania Fabiola Tobar M.

Con cariño.

A MIS SUEGROS

Víctor Chávez Woods
Norma Gálvez Q. de Chávez

Con aprecio y agradecimiento a su cariño de padres.

A MIS FAMILIARES EN GENERAL

Con cariño.

A MIS AMISTADES

En especial a:
Josefina Quinteros y
Conrado Gálvez

Amistad sincera.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por haberme dado la oportunidad de tomar una formación que me permita ser un profesional conciente.

AL DEPARTAMENTO DE E.P.S.A. DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA AÑO 1979-1980.

Especialmente.

TESIS QUE DEDICO

A mi novia

Lic. Lucrecia Chávez Gálvez
con mucho amor.

AGRADECIMIENTOS

Deseo dejar constancia de mi agradecimiento a todas las personas que hicieron posible el presente trabajo.

En especial, al Dr. Ricardo Bressani, Jefe del área de Química Agrícola del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá; quien prácticamente es el responsable de que la parte de metodología de laboratorio pudiera llevarse a cabo. Espero que, tanto a él como a la institución que representa, les satisfaga la investigación realizada y que sigan dando el apoyo necesario para desarrollar otros trabajos similares. Sus consejos y sugerencias ayudaron a que surgiera el presente trabajo de tesis.

A mis asesores: Ing. Agr. M.c. Mario Melgar e Ing. Agr. Salvador Castillo, por su paciente asesoría para que la presente investigación tuviera éxito.

Al Ing. Agr. Marco Antonio Nájera, por su desinteresada colaboración en la preparación del proyecto que se desarrolló.

Al personal de laboratorio del INCAP, en especial: al Ing. Agr. Arnoldo García, Br. Carlos Calderón, Técnico Enrique Amézquita, Br. Carlos García y Prof. Hugo Paz; quienes colaboraron en el desarrollo de la metodología química de extracción de nutrientes.

A la Sra. Norma Gálvez de Chávez quien realizó el trabajo de mecanografiado.

Al Sr. Julián Ortiz, agricultor que cedió el terreno con la plantación de piña para realizar el ensayo de campo.

R E S U M E N

El presente trabajo de investigación pretende demostrar que la determinación de causas de deficiencias nutricionales y la de niveles adecuados de NPK para aplicar a un cultivo, pueden ser investigadas con base al análisis de tejidos vegetales, combinados con análisis de suelos.

Con esta base se implementó el presente ensayo en un campo cultivado de piña que mostraba síntomas de deficiencia nutricionales. Se le hizo un análisis de tejidos foliares, para asociar las concentraciones de NPK en las hojas con la sintomatología observada y la concentración de éstos en el suelo. Así, concentraciones de 0.78o/o de N, 0.076o/o de P en base seca, se asocian a síntomas nutricionales como los siguientes: Plantas raquíticas, hojas angostas, con coloraciones verde pálidas o amarillentas, frutas pequeñas, asociadas a la concentración baja de N. En igual forma, concentraciones de 0.076o/o de P se asocian a concentraciones en el suelo con un promedio de 2.26 ppm y a hojas angostas, con coloraciones verde pálidas y la punta de las mismas necrosadas, empezando por las hojas más viejas. Poca uniformidad en la floración.

La deficiencia de K no se observó, debido a que el suelo cuenta con una alta concentración de N, reportando un promedio de 190 ppm, ésta asociada a una concentración promedio de 3,6o/o de K en las hojas.

En esas condiciones se hizo la aplicación de 18 tratamientos, resultado de la combinación de tres niveles de N (40, 70, 100 Kg/Ha), tres niveles de P, (5, 25, 50 Kg/Ha) y 2 niveles de K (0, 20 Kg/Ha).

A los 30, 60 y 90 días después de la aplicación de tratamientos se realizó muestreo de hojas para determinarles la concentración de NPK. Con esta información se hicieron análisis

estadísticos y se construyeron gráficas de absorción de los niveles aplicados. Producto de lo anterior se sugieren algunos niveles y épocas de aplicación. A pesar de que estadísticamente no hubo significancia en los tratamientos, tomando en cuenta el comportamiento de los mismos, se seleccionaron los niveles N_2 (70 Kg/Ha), N_3 (100 Kg/Ha), P_1 (5 Kg/Ha), P_2 (25 Kg/Ha) y K_1 (0 Kg/Ha).

Los niveles anteriormente escogidos son recomendados para evaluar por medio de la variable producción; además, se sugiere que se evalúe el nivel de 130 Kg/Ha de N debido a que la absorción de este elemento siempre se mostró ascendente.

Otro aspecto importante fue la determinación del nivel crítico de la concentración de N en las hojas activas de la piña. Este valor resultó ser el de 0.94o/o de N en la hoja, cifra que representa el nivel, bajo el cual la planta estará deficiente en N y necesitará aplicaciones del mismo. Para el P no fue posible determinarlo por ser requerido en muy poca cantidad por la piña.

La sintomatología de deficiencias desapareció al hacer la aplicación de tratamientos, principalmente cuando se aplicaron los niveles antes recomendados.

La presente metodología de investigación en nutrición mineral, se recomienda hacerla en los cultivos perennes para que de ella surjan los niveles a evaluar en el momento de la producción. Por otro lado, es conveniente repetir estos estudios por varios años para estandarizar curvas de absorción y poder usar el análisis foliar como un instrumento que permita determinar necesidades reales de nutrientes en los cultivos.

C O N T E N I D O

CAPITULO I

- I Introducción
- II Justificación

CAPITULO II

- I Hipótesis
- II Objetivos

CAPITULO III REVISION DE LITERATURA

- I Botánica
- II Ecología
- III Nutrición mineral de la piña
 - III.1 Funciones de los minerales en el metabolismo de la piña
 - III.1.1 Nitrógeno
 - III.1.2 Fósforo
 - III.1.3 Potasio
- IV Necesidades de la planta
- V Síntomas foliares de las principales carencias de nutrientes
 - V.1 Carencia de Nitrógeno
 - V.2 Carencia de Fósforo
 - V.3 Carencia de Potasio
- VI Prácticas de abandono
- VII Abonos usados
- VIII Análisis de tejidos vegetales
 - VIII.1 Muestreo de plantas, principios generales

CAPITULO IV

- I Materiales y Métodos de la experimentación
 - I.1 Condiciones de la parcela experimental
 - I.2 Materiales
 - I.3 Metodología de campo
 - I.4 Metodología de laboratorio

CAPITULO V

- I Resultados: Tablas y gráficas**
- II Discusión de resultados**
 - II.1 Determinación de niveles críticos**
- III Conclusiones**
- IV Recomendaciones**
- Bibliografía**

CAPITULO I

I INTRODUCCION

El cultivo de la piña es una de las alternativas más prometedoras para el pequeño agricultor. La implementación de un paquete tecnológico adecuado para una explotación productiva del cultivo, es una tarea de las instituciones que tienen programas de proyección al agricultor. Habiéndose hecho ya un diagnóstico de la situación y perspectivas del cultivo por parte del Banco de Guatemala (9), es preciso elaborar el paquete tecnológico que permita el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles para la explotación de tal cultivo.

Una de las partes más importantes del paquete tecnológico es la nutrición mineral del cultivo. La mayor parte de información existente al respecto, está recopilada bajo condiciones edáficas y climáticas diferentes a la nuestra; por lo tanto, se hace necesario usar esa información para plantear hipótesis bajo nuestras condiciones ecológicas que a la postre generen el conocimiento y la información necesaria para la explotación técnica del cultivo.

Al mismo tiempo se pretende evaluar una metodología que permita hacer de la investigación algo más científico, específicamente en el campo de la nutrición mineral de cultivos perennes.

Se plantea la necesidad de evaluar el aprovechamiento de los elementos nutritivos, para detectar interacciones, velocidades de absorción, época de aplicación de los mismos y niveles óptimos, con esta información se podrá luego determinar algunos niveles que mostraron mejor comportamiento en lo antes mencionado.

Siendo así, la evaluación de niveles de nutrientes y sus efectos en el rendimiento, podrán ser evaluados con una mejor

base científica, el número de tratamientos a evaluar se reduce porque esta metodología permite discriminar algunos de ellos.

Por otro lado, el cultivo de la piña ofrece buenas perspectivas para el productor, debido a la demanda que existe del producto. Sin embargo, la falta del paquete tecnológico que se mencionó antes, no permite el cultivo tecnificado de la piña. Además, es un cultivo que no necesariamente tiene que ser consumido en fresco ya que es un fruto susceptible de ser industrializado, con lo cual la superproducción que llegase a existir en un momento determinado podría industrializarse y así cubrir la demanda en épocas en que no existe el producto en fresco.

II. JUSTIFICACION:

La investigación, en cualquier campo de la ciencia, no debe nacer de la inspiración idealista, sino basarse en problemas reales que afecten a los distintos sectores de la producción; más aún, si son los sectores con menos recursos para producir.

La mayor parte de investigaciones de la nutrición mineral de cultivos, se plantea sin tomar en cuenta la fisiología de la planta; los niveles de elementos nutritivos no son evaluados dentro de ella, sino únicamente con la variable producción. Igualmente las épocas de aplicación se plantean sin tomar en cuenta las exigencias del cultivo con relación al tiempo.

De hecho, uno de los principales problemas de la zona suroccidental del país que produce piña, es la presencia de síntomas de deficiencias nutricionales, lo cual lógicamente redundará en las bajas producciones.

Por otra parte, tomando en cuenta que la mayor parte de cultivos de piña están en manos de pequeños productores, se plantea el presente trabajo que dará las bases para evaluar niveles

de NPK, que induzcan la desaparición de síntomas de deficiencias en el cultivo y mejoren la producción, lo cual motivará al agricultor a seguir con el cultivo, que aunque cubra una pequeña área le otorgue mejores beneficios que cualquier otro.

El cultivo de piña tiene la gran ventaja de no ser atacado por muchas plagas y enfermedades. En la región no se ven daños por estas causas por lo que el uso de productos químicos contra ellos es muy reducido; a diferencia de otros cultivos que necesitan además del programa de nutrición, uno fitosanitario intensivo. Esta ventaja redonda en los costos de producción, que se ven influenciados únicamente por los gastos que ocasiona el control de malezas, programa de fertilización y cosecha.

Lo anterior, más una buena producción motivará al agricultor a cultivar piña y a mejorar sus ingresos.

Además del beneficio económico, la piña consumida en fresco es una buena fuente de calorías, de hidratos de carbono, de calcio y de ácido ascórbico, como lo muestra el análisis del valor nutritivo de la piña, hecho por el INCAP: (9).

Valor energético	358.00 calorías
Agua	5.70 gramos
Proteína	3.10 gramos
Grasa	1.20 gramos
Hidratos de carbono totales	93.20 gramos
Fibra cruda	2.50 gramos
Calcio	117.00 miligramos
Fósforo	49.00 miligramos
Hierro	3.70 miligramos
Actividad de Vitamina A	0.49 miligramos
Tiamina	0.49 miligramos
Riboflavina	0.25 miligramos
Niacina	1.25 miligramos
Acido ascórbico	333.00 miligramos
Análisis hecho sobre una unidad mediana de 617 gramos.	

En el reconocimiento que se hizo de la región suroccidental productora de piña, se pudo observar que un gran porcentaje de las plantaciones presentan ciertas coloraciones en el follaje, que se asocian con los síntomas de deficiencias nutricionales, principalmente de nitrógeno y fósforo. Las coloraciones amarillentas que se observan alternadas con colores verdes pálidos, la punta de las hojas necrosadas que tienen apariencia de quemadas, se asocian con esas deficiencias, respectivamente. (14).

Basándose en lo antes expuesto, se plantea que el cultivo padece de deficiencias nutricionales de nitrógeno y fósforo.

Aprovechando el reconocimiento del área, se tuvo entrevistas personales con los agricultores que cultivan piña, encontrando que un alto porcentaje no usan fertilizantes. Uno de los agricultores que reportó que con el uso de la fórmula 20-20-00, a razón de 130 Kg/Ha (2qq/Mz) por cosecha, equivalente a 260 Kg/Ha (4qq/Mz) por año, se obtuvo un notable incremento en su cosecha comparada con años anteriores.

Al observar los niveles de nutrientes del suelo en la región escogida para la presente experimentación, se encontró que la concentración del fósforo reporta un promedio analítico de 2.26 ppm (19), lo cual es un nivel bajo.

Las plantaciones que se encuentran en los suelos descritos en la monografía de la región (19) presentan la sintomatología antes descrita. De esto se deduce que el aprovisionamiento de fósforo para los cultivos de piña de esa región es bajo.

En trabajos similares, donde se van a evaluar niveles de nutrientes, éstos se determinan tomando niveles por arriba y debajo de los que usan los agricultores de la región. Touscher & Adler en su libro El suelo y su fertilidad, reportan a Lundegardh (18), quien indica que la combinación del análisis de

tejidos vegetales y del análisis de suelos es de suma importancia para establecer con bases científicas la causa de las deficiencias. Los mismos autores siguen diciendo que frecuentemente es preciso estudiar simultáneamente el suelo y la planta, y comparando los resultados entre sí, será posible encontrar el mal y la forma de remediarlo.

Todo lo anterior da las bases para plantear el presente trabajo y probar al mismo tiempo, la metodología que aquí se plantea, como parte de las investigaciones en nutrición mineral de cultivos perennes.

CAPITULO II

I. HIPOTESIS:

Los niveles de N P K aplicados tienen igual respuesta por parte del cultivo; es decir, que desaparecen los síntomas de deficiencias y las concentraciones de los mismos elementos en las hojas serán iguales en todos los tratamientos.

II. OBJETIVOS:

- II.1) Sentar las bases científicas para un programa de fertilización en el cultivo de la piña, bajo condiciones de la finca San Rafael, Mazatenango, Suchitepéquez.
- II.2) Corregir las deficiencias de nutrientes que muestran las plantaciones.
- II.3) Determinar las dosis de N P K que bajo las condiciones de la finca San Rafael, Mazatenango, Suchitepéquez, conduzcan a obtener una producción mayor que la actual.
- II.4) Determinar la absorción de los diferentes nutrientes y relacionar este fenómeno con la fisiología del vegetal.

CAPITULO III

REVISION DE LITERATURA:

I. BOTANICA:

Piña, es el nombre con que se conoce esta planta y su fruto. Según Cronquist (2), la clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino	Vegetal
Subreino	Embryobionta
División	Magnoliophita
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Bromeliales
Familia	Bromeliaceae
Género	Ananas
Especie	comosus

La piña se cultiva para aprovechar su fruto, que en realidad es un fruto falso que lo constituyen un conjunto de bayas de la inflorescencia unidas por las brácteas. Es un fruto carnoso y aromático. Es una planta herbácea y vivaz, de hábitos terrestres, no obstante lo cual tiene muchas adaptaciones epifíticas; un tallo corto y grueso generalmente menor de 30 cms. de altura, un tanto carnoso en forma de artesa; hojas angostas de 60-100 cms. de longitud, de base envolvente, bordes espinosos aserrados, que ocasionalmente pueden ser enteros y sin espinas. La planta forma una roseta más o menos plana por arriba, bien adaptada para captar y retener rocío o agua de lluvia.

Las raíces son cortas y gruesas, con raicillas capilares por toda su longitud que se desarrollan y regeneran constantemente de los nudos basales, los cuales se encuentran a lo largo del tallo, tanto arriba como debajo de la tierra. Existe un sólo punto de

crecimiento activo, localizado en el ápice del tallo, el cual se diferencia al formar la inflorescencia, más tarde reasume su carácter vegetativo. La inflorescencia es una espiga formada lateralmente con brácteas de color rojo o verde y flor de color blanco o violeta claro. La fruta múltiple consiste en un raquis muy agrandado compuesto por 100 o más ovarios, como los de las flores fusionados, es variable en tamaño, forma y sabor, de color amarillo, rojo, anaranjado o verdoso y se forma en la parte superior de un pedúnculo.

II ECOLOGIA:

Requerimientos climáticos: La piña puede desarrollarse en el rango altitudinal que va desde 0 a 1000 Mts. S.N.M.; se considera como rango óptimo a 100-800 Mts. S.N.M. En los trópicos, estas altitudes varían cercanas al rango óptimo de temperatura, 21-27°C.

Las plantas cesan su desarrollo entre los 10 y 16° C. y soportan temperaturas subcongelantes de menos 2 grados y hasta menos 3, sólo por períodos cortos. A temperaturas mayores de 27° C las plantas presentan problemas de transpiración y respiración excesiva y el contenido de áidez se reduce, mientras que a temperaturas menores de 21° C aumenta la cantidad de ácido y se reduce el contenido de azúcar.

La piña crece bien en ambiente de 70o/o a 95o/o de humedad relativa aunque se considera óptimo el rango que oscila entre 84o/o y 91o/o.

La precipitación anual está comprendida entre los 1500 a 3000 mm., anuales, preferentemente bien distribuidos en todo el año.

Suelo:

La piña requiere de suelos sueltos debido a su sistema radicular poco profundo y limitado. Si su raíz penetra poco en profundidad, es porque normalmente las características físicas de los horizontes subyacentes del suelo no le convienen. Por esa razón los suelos arenosos ricos en materia orgánica y aluviones son especialmente buenos, sobre todo si son ácidos (pH 5.5) y bajos en sales. Los suelos pesados deben evitarse o agregarles materia orgánica a efecto de mejorarlos en sus condiciones estructurales para permitir aireación y drenaje. Pueden ser útiles suelos de textura limo-arcillosa y franco-arcillosa. La permeabilidad del suelo, de la que de hecho depende la dinámica del agua, es un factor de tanta importancia que constituye uno de los principales factores que limitan el cultivo del ananas en la región tropical.

III LA NUTRICION MINERAL DE LA PIÑA:

Las exigencias de la planta frente a las reservas de nutrientes en el suelo son muy altas. El cultivo repetido sobre las mismas parcelas ocasiona, ya después de unos pocos años, fuertes bajas en los rendimientos que no se deben a que la planta no tolere una rotación consigo misma, sino a la consecuencia del agotamiento del aprovisionamiento de nutrientes de la capa del suelo en la cual se encuentran las raíces.

Ensayos hechos por Cannon (citado en 17) por ejemplo, muestran como el potasio se va agotando en los suelos. Al iniciar estos ensayos determinaron que el suelo contenía 0.6 meq. de K/100gr. de suelo; tres años más tarde el contenido potásico había descendido a 0.45 meq./100gr de suelo pese a que se habían hecho aplicaciones de potasio al suelo. A las parcelas que no se les aplicó potasio, este elemento descendió a 0.35 meq./100 gr. Magistad (citado en 17), indica que si se parte del hecho de que se necesitan 0.5 meq. de K/100 gr. de suelo

(aproximadamente 200 ppm) para asegurar el suficiente aprovisionamiento para la piña, el subsiguiente cultivo de piña podrá dar rendimientos satisfactorios sólo si se fertiliza fuertemente.

III.1: Función de los minerales en el metabolismo de la piña.

Como en otras plantas, en la piña actúan en forma preponderante y en cantidades mayores el nitrógeno, el ácido fosfórico, el potasio, el calcio y el magnesio; así como el hierro, azufre, boro, manganeso, cobre, zinc y otros más que actúan como elementos de construcción y partes integrantes de los catalizadores bioquímicos.

III.1.1 Nitrógeno

Es uno de los principales componentes de las proteínas que constituye aproximadamente un 70/o de la sustancia seca de la planta de piña. Forma parte de moléculas tan importantes como las purinas, pirimidinas, porfirinas y coenzimas. Las puri y pirimidinas se encuentran formando los ácidos nucleicos (ARN y ADN) esenciales para la síntesis de las proteínas. La porfirina es un anillo que se encuentra en las clorofilas y las enzimas del grupo de los citocromos, esenciales para la fotosíntesis y la respiración (4). El suficiente aprovisionamiento de la planta con nitrógeno es, por lo tanto, condición previa para el desenvolvimiento normal de todos los procesos vegetativos.

En el metabolismo de la piña, el nitrógeno fomenta en primer término la formación de la masa foliar y el peso del tallo, de donde emerge la base floral y el fruto. O sea que las sustancias asimiladas en éste pasan a la fruta en maduración. La fertilización nitrogenada que aumenta el peso del tallo, también tendrá que repercutir en el peso y tamaño del fruto (17). Esto fué confirmado por Py y colaboradores (4,17) quien encontró que con las crecientes aplicaciones de nitrógeno, crece el peso y

diámetro de frutos, así como la altura de plantas y que al contrario, bajaba el contenido de ácidos fructosos en los frutos maduros. La fertilización nitrogenada no influye sobre el contenido de azúcares en el fruto, pero Py, Tissean y colaboradores (17) detectaron ligeros cambios del color de la pulpa y cáscara del mismo. Al aumentar las dosis de N de 0.9 gr. en la planta, los mismos autores notaron que la coloración de la pulpa variaba de un amarillo pálido a amarillo más intenso y contrariamente la cáscara del fruto tendía, con alta dosis de N, más hacia los tintes verdosos que cuando se omitía el abonamiento nitrogenado.

Las dosis altas de N retrasan la floración y ésta depende de la relación entre las sustancias nitrogenadas y los carbohidratos de la planta. Esto fué demostrado por Nightingale (citado en 14 y 17).

En cultivos hidropónicos la forma nitrogenada más asimilada es la del ión amonio (NH_4), en comparación con la del ión nitrato (NO_3), ésto fué demostrado por Sideris, Young y Chun (17). Sin embargo bajo condiciones naturales, la absorción de nitratos podría sobrepasar la de los iones amonio durante el transcurso del período vegetativo, dado a que en condiciones favorables del suelo, éstos últimos son oxidados muy rápidamente por las bacterias del suelo, transformándose en nitratos; pero ésto no excluye que dicho ión sea asimilado por la raíz, ambas formas de N son asimiladas y utilizadas simultáneamente por la planta (17). Las hojas más jóvenes no reflejan tan nítidamente las diferencias en el aprovisionamiento nitrogenado, dado a que la demanda de los órganos más tiernos que aún se encuentran en crecimiento es muy elevada; para los casos en que los suministros de N por la raíz sean insuficientes, se descomponen las combinaciones nitrogenadas en los órganos más viejos para emplear el N liberado de esta manera en la reconstrucción de las proteínas de los órganos jóvenes.

Estas constataciones revisten especial importancia para determinar la necesidad en fertilizantes de una plantación de piña por medio del análisis foliar. De acuerdo a la experiencia realizada en Hawai (14,17) el análisis foliar debe proporcionar mejor información respecto a la cantidad necesaria de fertilizantes por aplicar, que el análisis del suelo.

III.1.2 Fósforo

El fósforo se encuentra en las plantas formando parte de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, de las coenzimas ADN, ADNP y, lo que es especialmente importante, como parte integrante del ATP (4,5). También se encuentra en zonas meristemáticas donde interviene en la síntesis de nucleoproteínas. Las coenzimas ADN y ADNP tienen un papel importante en las reacciones de oxi-reducción, en donde tiene lugar transferencias de H. Procesos metabólicos vegetales tan importantes como la fotosíntesis, glucólisis, respiración y síntesis de ácidos grasos, dependen de la acción de estas coenzimas (4).

El primer producto de la asimilación cloroflica del CO_2 es el ácido fosfoglicérico cuya presencia ya es posible detectar a sólo cinco segundos después de la absorción de CO_2 (Cannon Cit. 17). Por transposiciones dentro de la molécula y por la conjunción de dos moléculas de ácido fosfoglicérico resultan los azúcares fosforilados que, por su parte, posibilitan la generación de almidón y, también en sentido contrario, el desdoblamiento del almidón en azúcares y de éstos en CO_2 durante la respiración y la fermentación. El proceso anterior solamente es posible por la acción del ácido fosfórico. No obstante ello, la piña sólo absorbe cantidades reducidas de fósforo. Aún sobre suelos relativamente pobres en él, Py y Col. (14,17) no pudieron encontrar defectos dignos de mención al abonarlos con fosfatos. En Puerto Rico Samuels y Col. (14,17) constataron una baja en el rendimiento cuando aplicaron 90-125 Kg/Ha., de P_2O_5 únicamente la dosis de

60 Kg/Ha., redundaron en un ligero ascenso del rendimiento. Los autores mencionados explicaron el descenso de producción, debido a las aplicaciones de mayores cantidades de fosfatos, como una consecuencia de la menor absorción de nitratos debido al antagonismo existente entre el P y el N.

Las dosis elevadas de fosfatos aceleran la fructificación y la maduración de los frutos cuando el fertilizante es aplicado en una época en la que las reservas proteicas y carbohidratadas de la planta todavía no bastan para generar suficiente pulpa. Debido a ello los frutos no son grandes.

A pesar de esto, según Nightingale (Cit. 14, 17), es necesario proveer a la planta con suficientes cantidades de este nutriente, sobre todo durante el período de la diferenciación de los tejidos de la inflorescencia; Dunsmore (Cit. 17) menciona que el ácido fosfórico fomenta la asimilación de potasio por la piña, pero no influye sobre la cantidad y calidad de los frutos. Pan (17) encontró que la fertilización fosfórica favorece la formación de retoños y que estimulaba el desarrollo del sistema radicular. También fue posible demostrar la reciprocidad del efecto ejercido entre el P y el N respecto de K sobre el rendimiento.

III.1.3 Potasio

Es tan indispensable como el N o el P. Mientras que ambos elementos anteriormente discutidos, forman parte integrante de muchas combinaciones orgánicas, ello no acontece así con el potasio. En la planta sólo se encuentra en la forma inorgánica.

Nason y McElroy (4) señalan que aunque una deficiencia de K puede afectar procesos tan diversos como la respiración, fotosíntesis, contenido de agua en las hojas, el papel específico de K en las plantas es desconocido hasta ahora. La Potasa se encuentra en todas las partes de la planta, principalmente en

aquellas que presentan gran actividad fisiológica; es decir, de preferencia en las hojas y en las diversas zonas de crecimiento.

Las concentraciones de K más elevadas están en las regiones meristemáticas de la planta, observaciones que parecen concordar con los hallazgos de Webster (Cit. en 4) en el sentido de que el potasio es esencial como activador de las enzimas que intervienen en las síntesis de ciertas uniones peptídicas.

La formación de azúcares y almidones, la de los ácidos orgánicos, así como la formación de los tejidos esclerenquimatosos, la reducción de los nitratos y con ella la síntesis de albuminas dependen en gran parte de un buen aprovisionamiento de potasio en la planta. Igualmente el transporte de los productos asimilados, desde las hojas hasta los órganos de almacenamiento y consumo, recién es posible si la planta dispone de las cantidades suficientes de este elemento. La piña necesita de la potasa principalmente en la época de fructificación y maduración.

En el metabolismo de la piña el K es, en cierto modo antagónico al N mientras que la cantidad de N, determina mayormente el peso de la fruta, el K es el factor determinante de la calidad de la misma (14, 17).

El aprovisionamiento de K redundará en un aumento del peso total de la planta, principalmente en el desarrollo de un tronco fuerte (17).

Sideris y Young (17) encontraron que el K tenía efecto sobre la economía del agua en la piña, en experimentos realizados en hidroponia. Determinaron una mayor succulencia de las partes foliares con clorofila cuando el contenido de K era elevado en la solución nutritiva. La humedad del tronco fue, al contrario, más baja en las plantas provistas con altas concentraciones de K, que en las probablemente nutridas con K. Los autores mencionados

atribuyen este fenómeno al mayor almacenaje de proteínas y almidones en los troncos de las plantas ricamente provistas de K.

IV. NECESIDADES DE LA PLANTA:

El nitrógeno es el elemento esencial en la planta; preside su ritmo de crecimiento y es factor determinante del rendimiento; no se puede establecer relaciones de proporcionalidad entre el contenido de N en las hojas y la reacción de la planta a las aplicaciones de este elemento (14).

Las cantidades de N varían según la localidad y en cada una de ellas según el clima. Ensayos de fertilización, en general, muestran que las necesidades de N son relativamente pocas e importantes, cuando comienza su etapa vegetativa y que en esta fase, la deficiencia de dicho elemento influye poco en el rendimiento; pero por el contrario, cuando la diferenciación floral se aproxima, para obtener un elevado rendimiento es esencial que el contenido de N sea relativamente elevado en relación al contenido de hidratos de carbono, lo que implica que el suministro efectuado en los meses precedentes tuvo que haber sido correcto, lo cual se manifiesta con un color oscuro en el follaje. Aplicaciones después de la diferenciación de la inflorescencia no redundan en primera cosecha sino que aceleran el crecimiento de los rebrotes. Las aplicaciones de N son discutidas debidamente en cuando a las modificaciones que producen en la calidad del fruto. En algunos ensayos en Guinea (14,17) se ha demostrado que las aplicaciones de N al inicio de la formación del fruto ocasionan un descenso en la acidez de éste, aumentando la translucidez de la pulpa y disminuye su firmeza, modificaciones consideradas indeseables en ese país, pero deseables en otros. También las aplicaciones efectuadas en los últimos días a la formación del fruto, en algunas regiones climáticas, favorecen el agrietamiento del fruto.

La potasa desempeña un papel importante en la planta y

en particular en las síntesis de hidratos de carbono y de los ácidos orgánicos en relación con la asimilación cloroflica y su desplazamiento en la planta, a la vez que en la reducción de los nitratos y en la síntesis de las proteínas. Se comprende entonces, que la absorción de nitratos vaya estrechamente unida a la potasa. En suelos deficientes en este elemento, el suministro del mismo suele aumentar el rendimiento, pero pasado de cierto nivel sólo mejoran la calidad del fruto. La potasa beneficia las características organolépticas de la pulpa, su acidez y su firmeza, pero en exceso (la pulpa puede absorverlo así) produce efectos perjudiciales. La pulpa se vuelve blanca, poco firme, ácida y el corazón de diámetro excesivo.

El fósforo es importante en el momento de la diferenciación de inflorescencia. Existe una forma de antagonismo entre la absorción de P y nitratos. La aplicación de fosfatos en las plantas que están provistas de ellos y que son deficientes en nitratos, agrava esta deficiencia y puede ocasionar una baja en el rendimiento. Nightingale (14), dice que el contenido de la hoja en fósforo tiende a aumentar con la edad de la planta que posee la cantidad normal y que debería alcanzar el 0.028o/o de materia fresca en la parte basal de las hojas; Samuels (14) indica que para alcanzar un rendimiento máximo la cifra habría de ser 0.09o/o para el conjunto de la hoja y calculado en base a materia seca.

El Mg se considera, según ensayos recientes (12), el nivel crítico es de 0.2o/o del total de materia seca de la hoja. La proporcionalidad que guarda el Mg y el K es importante.

Cuando el Ca sea deficiente debe tratarse con cuidado ya que puede pasar a ser un efecto limitante en la producción.

Kanapathy (citado en 17) reporta que los óptimos contenidos de nutrientes en las hojas de la variedad Singapore Spanish son:

Nitrógeno	$1.2 \pm 0.2\%$ en la sustancia seca
fósforo	$2.2 \pm 0.3\%$ en la ceniza
potasio	$32.0 \pm 4.0\%$ en la ceniza

En cambio Pan (citado en 17) reporta las siguientes concentraciones obtenidas en experimentos hechos en Taiwán, como óptimas:

Nitrógeno	1.5 - 2.0%
fósforo	0.7 - 0.8%
potasio	3.5 - 4.0%

En un programa de fertilización, la premisa del éxito son el conocimiento de las reservas nutritivas del suelo y el estado de nutrición de la planta. Para determinarlos se hace uso de los análisis del suelo y de las hojas entre los que, a éstas últimas incumbe, más y más importancia.

De acuerdo con Nightingale (6) el contenido de K en las hojas no debe ser menor de 0.3% cuando va a haber floración (basado en materia fresca).

En Puerto Rico, Samuels (6,17) encontró una significativa relación lineal entre el contenido potásico en la hoja y la producción de piña. Reporta que la producción óptima se obtuvo con una concentración de K en la hoja cerca del 3%.

En otra subestación de Puerto Rico se reportó como nivel óptimo en la hoja cerca del 4%.

En lo que respecta al suelo, investigaciones hechas por Magistad en Hawai (17) dieron como resultado que el suelo tendrá que recibir 160-220 ppm y más de potasio intercambiable para cubrir las necesidades de la planta. Nightingale (6) reporta que los suelos abajo de 0.5 meq de K/100 grs., de suelo, deben ser considerados como deficientes en potasio.

En ensayos hechos en Guinea, Martin-Prevel (14,17 y 6) determinaron las cantidades de nutrientes que 38,500 plantas/Ha., extraen del suelo para producir 55 Ton./Ha.:

N	67.5 Kg/Ha
P	24.5 Kg/Ha
K	174.0 Kg/Ha
Ca	27.0 Kg/Ha
Mg	49.2 Kg/Ha

Incluyendo los requerimientos de los retoños que normalmente dá la planta.

Por su parte Horner en las islas Hawai (14) reportó los siguientes requerimientos para obtener una cosecha de 83 toneladas.

N	67 Kg/Ha
P	19 Kg/Ha
K	240 Kg/Ha

Otra serie de investigaciones han determinado las extracciones de nutrientes por la piña, los cuales se reportan en el siguiente cuadro: (17)

	Hg/Ha			Anotaciones
	N	P	K	
Stewart Thomas & Horner	67	19	238	Cosecha de 81 Ton/Ha.
Krauss	350	121	1131	18,375 plant/Ha.
Follett-Smith & Bourne	107	87	417	25,000 plant/Ha
Boname	83	28	437	12,500 plant/Ha
Cowie	123	335	308	100 Ton/Ha.

V. SINTOMAS FOLIARES DE LAS PRINCIPALES CARENCIAS DE NUTRIENTES:

Si la planta no encuentra en la solución del suelo un cierto equilibrio entre los elementos que la impregnan, se observa la deficiencia en uno o varios de ellos, lo cual se manifiesta más o menos rápidamente por los síntomas foliares de los que es útil para poner remedio, y poder obtener un inmediato diagnóstico. (12,14).

V.1 Carencia de Nitrógeno:

El síntomas más fácilmente apreciable es el amarillamiento de las hojas, debido a una disminución en el contenido de clorofila. La aparición de los síntomas de deficiencias de N en las hojas más jóvenes se debe a la elevada movilidad del mismo en la planta. Las hojas jóvenes retienen su nitrógeno y absorben el N de las hojas más viejas (4). En algunos casos se producen

pigmentos distintos a la clorofila cuando ocurre esta deficiencia. Py (14) describe la deficiencia de nitrógeno así: Se manifiesta por la clorosis del follaje que corrientemente comienza por las hojas más viejas; el crecimiento es muy lento y la planta raquítica, con fruto pequeño y muy coloreado. No se presenta bulbillos.

Cannon (Cit. en 17), por su parte describe las características de escasez de N en la piña como sigue:

La deficiencia de N retrasa el crecimiento. Las hojas son más angostas y presentan una coloración verde pálida. En las plantas sanas de la variedad Singapore Spanish, las hojas son, generalmente, verdes oscuras con franjas rojizas en los bordes foliares que normalmente, no se notan, pero que, bajo deficiencias de N, saltan a la vista y adquieren una tonalidad rojo parduzca. Si la escasez de N es grave, toda la planta adquiere una coloración clara verde amarillenta, algunas hojas presentan puntas necróticas y comienzan a morir desde el ápice. El color intenso de los frutos tiende a rojo hasta púrpureo. Los frutos son pequeños y deformes. No hay formación de hijuelos. Pese a todo ésto, los frutos son dulces. No hay formación de chupones.

V.2 CARENCIA DE FOSFORO:

Muchos de los síntomas asociados al P se confunden con los de N. Además estos síntomas no son tan pronunciados (4). Aunque Cannon (17) admite la necrosis asociada a una fuerte deficiencia de N; Devlin (4) dice: "A diferencia del N las plantas que carecen de fósforo pueden presentar zonas necróticas (muertas) sobre las hojas, peciolo o frutos," un aspecto general achaparrado, y las hojas pueden adquirir una coloración característica oscura o azul verdosa. Py (14) describe a las plantas deficientes así:

Su aparición es mucho menos definida que en los casos del N y el K; el follaje toma un color verde oscuro matizado de azul, muy sostenido y de porte erecto, con hojas largas y

estrechas, cuya extremidad apical se necrocea progresivamente en las más viejas. Esta carencia se presenta principalmente en suelos muy ácidos en los que el fósforo, la mayoría de las veces, no es asimilable.

V.3 CARENCIA DE POTASIO:

Las plantas que desde su primera edad sufren de escaso aprovisionamiento de potasa se crían raquíticas y toman un color amarillento; sus hojas son cortas y estrechas, su porte es abierto y en el centro del limbo aparecen puntuaciones o manchitas decoloradas, que se van extendiendo después a toda la hoja y que reuniéndose, forman manchas más o menos grandes que con frecuencia toman la forma de bandas laterales, granulosas al tacto. Los síntomas aparecen especialmente cuando, después de haber nutrido casi normalmente a las plantas al comenzar su vegetación, se provoca una carencia total de este elemento suprimiendo toda aportación de potasio al aproximarse la diferenciación de la inflorescencia. El fruto es de pequeña talla, de poca acidez y sin perfume alguno.

Kanapathy (17) da la siguiente descripción de los síntomas visibles de deficiencia potásica en la variedad "Singapore Spanish":

"La deficiencia en potasio retarda el crecimiento de la planta, de modo que no prospera. Comenzando sobre las hojas más viejas se desarrollan las típicas manchas translúcidas verde pálidas. En el estado inicial estas manchas no pueden ser reconocidas con facilidad pero, si se observa el envés de una hoja alzándola contra la luz o contra el cielo, éstas saltan claramente a la vista. En estado avanzado aparecen manchas amarillentas, a veces rojizas, sobre las hojas. Las hojas mueren comenzando por las más viejas, desde la punta. Los frutos de la planta que sufre deficiencias de potasio son pequeñas su contenido en azúcares y ácidos es bajo, siendo por ello, de calidad inferior".

VI. PRACTICAS DE ABONADO:

Se aconseja aportar la potasa al inicio de la plantación e incluso antes, si el nivel del contenido en el suelo fuera menor de 0.5 meq/100 gr. En cuanto al Mg precisa mantener una relación menor a la unidad con respecto al potasio (K/Mg menor que 1).

En otros países las cantidades de K que guardan una relación de 1.5 comparada con nitrógeno utilizado (K/N 1.5) son las que proporcionan mejores resultados. Se debe evitar que transcurra más de tres meses entre dos aplicaciones sucesivas.

Si se usan hormonas para adelantar la floración, el N debe de haberse aplicado dos a tres meses antes.

El fósforo aplicado antes de plantación en forma de fosfato natural molido y por tanto, poco lavado, basta con frecuencia para cultivar la planta cubriéndole sus necesidades. Las plantas de piña responden con mejor desarrollo a niveles bajos de fosfatos (5-10 ppm). Puesto que los fosfatos no se lixivian fácilmente de la mayoría de los suelos y tienden a acumularse rápidamente, no es necesario aplicarlos después de los primeros años aún en los suelos más pobres en este nutriente y se puede omitir en tierras con buena reserva de él (9, 12).

En Guyana Py y Founqué (6), recomendaron aplicar una mezcla de fertilizante que contenía 26-30% de K y 80% de Mg utilizando 15 gr/planta en igual cantidad que el sulfato de amonio, cada dos meses hasta la diferenciación floral.

Py en Guinea (6,14) sugiere el siguiente programa N_{228} Kg/Ha, P_{84} Kg/Ha y K_2O_{418} Kg/Ha, esto dividido en cuatro aplicaciones por año de cultivo para una plantación de 38,000 plantas.

Collins (17) sugiere que la dosis de N a aplicar de 110 Kg. para plantaciones 39,500 - 43,000 plantas por Ha. en Hawai, al inicio del crecimiento de la planta, a los dos meses después de plantada. Las subsiguientes aplicaciones de abonos se realizan con intervalo de tres-seis meses. Según el mismo Collins la dosis de potasa aplicada varía entre 220-460 Kg/Ha y de fósforo entre 170-280 Kgs/Ha. Tanto Collins como Cooke hacen notar que la relación K:P reviste gran importancia y que se debe tratar de conseguir en el suelo la misma relación K:P encontrada en las hojas de las plantas sanas: 12:1.

En Brasil después de probar dosis de 0-60-120 Kg/Ha., de los 3 elementos N,P,K se llegó a concluir que las dosis que se comportaron mejor en el rendimiento fueron de 120-60-60 y 120-60-120 Kg de NPK respectivamente (17). Se notó igualmente que las dosis altas de N pueden ser desaprovechadas si no se da una dosis alta de K.

En Cuba se demostró que un exceso de K influye en el tiempo que tarda en madurar la fruta aunque es una buena ventaja para el transporte.

Para Cuba y Puerto Rico Py (17) recomienda 4 dosis por año así: 1a. dosis 12-6-8; 2a. y 3a. dosis sólo sulfato de amonio y 4a. dosis 12-6-8 gr del N P K/planta.

Una fertilización general de piña en Puerto Rico (6) es aplicar 350-400 Kg de N, 50-75 Kg de P y 125-180 Kg de K por Hectaria, aplicadas a intervalos de 4 meses.

Pan (6, 17) reporta que en Taiwan las dosis elevadas de N y P retardan el crecimiento de la piña y no deberían darse. Al contrario la potasa es asimilada y ejerce un efecto favorable. De esto él recomendó como fórmula de fertilizante la que guarde una relación 4:1:4 es decir, 100-25-100 si la fertilización es ligera, 200-50-200 si es mediana y 300-75-300 si es fuerte de

N-P-K en Kg/Ha., respectivamente. :

VII. : ABONOS USADOS:

Nitrogenados: el sulfato de amonio (20-21o/o de N) es el que por lo general da mejores resultados en piña (14,17). La urea tiene la ventaja de poder ser aplicada al follaje en concentraciones del 5-10o/o sin quemar. Los nitratos aplicados al follaje dan mejor resultado que aplicados al suelo: por ejemplo, el nitrato de potasa (13o/o de N y 44o/o de K) y el nitrato de amonio (35o/o de N), este último incluso, da mejores resultados que la urea. El fosfato de amonio (17.5ó/o de N a 20o/o de N más 40o/o-52o/o de ácido fosfórico) pueden aplicarse al follaje también. :

La urea tiene una gran ventaja como es tener una concentración alta de N, es fácilmente soluble y rápida absorción por la hoja, se fermenta rápidamente en el suelo y en la planta. La presencia del biuret es una desventaja cuando es aplicada en forma soluble en el follaje. Sanford y colaboradores (17) observaron una desecación de los ápices foliares y una clorosis cuando el contenido es de 3o/o. Pan y Lee (6) no encontraron ese efecto aunque el contenido de biuret fuera de 4o/o, cuando la aplicación era al suelo; no observaron ninguna incidencia en el rendimiento, pero si se aplicaba al follaje el efecto tóxico era proporcional al contenido de biuret, de la solución, a la edad de la planta y al tiempo que duraba la aplicación. :

Potásicos: Se ha observado que el sulfato de potasa (40o/o de potasa) da resultados superiores al cloruro de potasio, tomando en cuenta el rendimiento y calidad, diferencia que puede atribuírsele al ión Cl en el segundo. Sin embargo puede aplicarse antes de la plantación sin que afecte el fruto. (14). :

En un ensayo hecho por Sideris y Young (17) encontraron que los contenidos de azúcares y almidones fueron inversamente

proporcionales a las concentraciones de cloruros en las plantas. También encontraron que la presencia de cloro afecta el peso del fruto. Otra fuente de K usada es el sulfato de potasio que acelera la maduración de frutos, mientras que el cloruro de potasio la retrasa, según Su (17).

Tanto Sideris y Young como Su (17) confirmaron que el cloruro es capaz de entorpecer el efecto fisiológico del potasio y rebajar, por consiguiente, la calidad del fruto cosechado.

Fosfatados: Su aplicación depende del pH del suelo, época de aplicación y ciclo de la planta, en el curso de la vegetación los superfosfatos (14-30o/o de ácido fosfórico) son más utilizados, aunque, como ya se mencionó, las aplicaciones de P son relativamente pocas.

VIII. ANALISIS DE TEJIDOS VEGETALES:

La relación suelo-planta-atmósfera, constituye tal vez el sistema más complejo que se ha propuesto a la investigación científica. Ultimamente se ha progresado mucho al aplicar a los problemas de la nutrición vegetal los métodos y principios deducidos en la investigación de los químicos.

Cuando se estudia el vegetal como organismo vivo en condiciones naturales de desarrollo, las dificultades de la experimentación regulada son incomparables (5). La mayor parte de los cuerpos inorgánicos presentes en los vegetales se encuentran en sus cenizas. Tales cenizas constituyen aproximadamente 2-5o/o de la materia seca pero puede ser mayor en las hojas. Aquí se encuentran todos los elementos inorgánicos incluyendo el P y el K.

VIII.1 MUESTREO DE PLANTAS. PRINCIPIOS GENERALES (1):

Los métodos de muestreo que se emplean, se particularizan

en relación a los tipos de plantas de las que deban tomarse muestras, las determinaciones que deban efectuarse y los objetivos principales. A continuación se dan los pasos generales:

- a) Tómese suficientes plantas individuales o partes de éstas para superar el factor de variabilidad de las plantas.
- b) Si deben efectuarse correlaciones con los suelos, procúrese que la distribución del muestreo sea representativa de una zona de suelo.
- c) Sacúdanse las plantas para liberarlas de la tierra adherida y límpiese de acuerdo con los objetivos particulares que se persigan. Si debe enjuagarse o lavarse el material, hágase así cuando las muestras estén todavía verdes. Cuando deban determinarse elementos menores, úsense detergentes y limpiadores especiales para las manos, enjuagando después cuidadosamente.
- d) Tan pronto como sea posible, después de la limpieza, extiéndase las muestras de plantas para que se sequen al aire con rapidez en un local libre de polvo y humos, o póngase en un horno de tiro forzado y manténgase a una temperatura de 50°C ., aproximadamente.
- E) Después de secado completo, muélase la muestra por un método adecuado (o tritúrese a mano), si deben determinarse los elementos menores.

La determinación de la humedad se hace secando la muestra a 105°C durante cinco horas en un horno adecuado. El método de la acenización es bueno para determinar K, pero para otros elementos como el P no se aconseja porque hay pérdidas por volatilización.

CAPITULO IV

I. MATERIALES Y METODOS DE LA EXPERIMENTACION

I.1 Condiciones de la parcela Experimental:

La finca San Rafael pertenece al municipio de Mazatenango, departamento de Suchitepéquez. Está localizada a $14^{\circ} 30'$ latitud norte y $91^{\circ} 32'$ longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich; dentro de la cuenca denominada SIS-ICAN (7), con vertiente hacia el Pacífico, con un área total de 919 kilómetros cuadrados. Los ríos Sis con 52.4 kilómetros de longitud y el Ican con 96.6 Kms., son los que delimitan la mencionada cuenca.

Según Holdrige (3), la zona ecológica a la que pertenece la finca es la zona subtropical muy húmeda, delimitada por las Isoyetas de 3000 y 4000 mm. de lluvia anual, con una evapotranspiración potencial de 950-1000 mm/año calculada en base a la metodología de Blaney-Criddle en 1971 con datos de 5-20 años (7).

Según Simons (16,19), los suelos de la finca San Rafael están ubicados dentro de la zona fisiográfica del declive del Pacífico, formados por una serie de abanicos aluviales compuestos de materiales volcánicos. Más específicamente dentro de la misma fisiografía, son suelos profundos desarrollados sobre materiales volcánicos de color claro en relieve suavemente inclinado.

La serie predominante es la Mazatenango. Estos suelos del declive del Pacífico, son los más importantes dentro del departamento y de toda la República.

Los suelos Mazatenango son profundos, bien drenados, de color café oscuro, con texturas de franco a franco limosos, de

consistencia friable, con una capa superficial de 60 cms. (suelo) y el subsuelo de un espesor de 90-100 cms.

Según el Instituto Geográfico Nacional son suelos con capacidad agrológica III.

I.2: Materiales:

—Fertilizantes:

Fuente de Nitrógeno: Urea (46o/o de N)

Fuente de Fósforo: 18-46-0

Fuente de Potasio: Sulfato de potasio (50o/o de K)

—Material vegetativo: Cultivo establecido de piña variedad Cayene lisa, de 5 años de edad.

—Materiales de laboratorio:

Para determinación del N se utilizó el método macro Kjeldahl; para fósforo se utilizó un colorímetro marca Beckman, desarrollando el método azul de molibdato de amonio. Para el K se usó el método de espectofotometría de llama.

I.3: Metodología de Campo:

El diseño experimental usado fue el factorial $3 \times 3 \times 2$ en Bloques al Azar, con 18 tratamientos y un testigo con tres repeticiones. La razón por la que se tomó este diseño es porque se trata de minimizar variabilidad dentro de los bloques y maximizarla entre ellos. Así, cuanto mayor sea la variabilidad dentro de los bloques, más eficiencia se obtendrá del proyecto en lo que se refiere a su capacidad para detectar posibles diferencias entre los tratamientos. (11, 15).

El Modelo Matemático es:

$$Y_{ijkl} = M + B_i + N_j + P_k + K_l + NP_{jk} + NK_{jl} + PK_{kl} + NPK_{jkl} + E_{ijkl}$$

de donde:

Y_{ijkl} = a la variable respuesta cuando se aplicaron los niveles j de nitrógeno, k de fósforo y l de potasio en i repeticiones.

M = Al efecto de la media

B_i = al efecto de los bloques i (repeticiones) en donde $i=1,2,3$

N_j = al efecto de los niveles j de nitrógeno en donde $j=1,2,3$

P_k = al efecto de los niveles k de fósforo en donde $k=1,2,3$

K_l = al efecto de los niveles l de potasio en donde $l=1,2$

NP_{jk} = al efecto de la interacción de los niveles j de nitrógeno y niveles k de fósforo

NK_{jl} = al efecto de la interacción de los niveles j de nitrógeno y niveles l de potasio

PK_{kl} = al efecto de la interacción de los niveles k de fósforo y niveles l de potasio

NPK_{jkl} = al efecto de la interacción de los niveles j de nitrógeno, niveles k de fósforo y niveles l de potasio

E_{ijkl} = al efecto del error debido a las aplicaciones de niveles j de nitrógeno, k de fósforo y l de potasio en i bloques.

El tamaño de las unidades experimentales utilizadas fue de 2 metros de ancho y 8 metros de largo, es decir, con un área de parcela o tratamiento de 16 metros cuadrados; dentro de esa área

se incluyen 3 surcos de los cuales se muestreó sólo el del centro.

La prueba que se usó para la comparación múltiple de medias fue la de Tukey.

1.3.1 Procedimiento:

1) Se muestreó la parcela para determinar los niveles N-P-K en el suelo antes de la experimentación. Este muestreo es el primero.

2) Se muestrearon hojas antes de la aplicación de los tratamientos para determinar las concentraciones de N-P-K asociadas a la sintomatología.

3) Se aplicaron los 18 tratamientos que resultaron de la combinación de 3 niveles de N, 3 de P y 2 de K, como muestra la tabla No. 1

4) Se hizo el segundo muestreo de hojas para análisis foliar 30 días después de la aplicación de los tratamientos.

5) El tercer muestreo de hojas se realizó 30 días después del segundo muestreo o sea 60 días después de aplicación de tratamientos.

6) El cuarto muestreo se efectuó 30 días después del tercer muestreo o sea 90 días después de aplicación de tratamientos.

1.4: METODOLOGIA EN EL LABORATORIO

1.4.1: Muestreo de las hojas:

Para el primer muestreo se tomó una muestra por bloque que fuese representativa de las condiciones, en ese momento, de la plantación. Esto basado en que el cultivo tiene la misma edad, presenta la misma sintomatología en forma general, ha tenido los mismos tratamientos culturales, por lo tanto, se deduce que la plantación es homogénea.

Al usar el diseño de bloques al azar se pretende que exista variación entre bloques, de manera que al tener una muestra por bloque, será un buen punto de partida para comparar los resultados que se obtendrán de los siguientes muestreos. Esta metodología se aplicó sólo al primer muestreo, porque no se habían aplicado tratamientos. Una vez hechas las aplicaciones, cada muestra obtenida representó a un tratamiento; es decir, que en el 2o., 3o. y 4o. muestreos se obtuvieron 57 muestras que corresponden a igual número de unidades experimentales.

El muestreo en sí consistió en tomar hojas de la parte central de la roseta que forma la planta de piña; vale indicar, las hojas activas. Lo que se pretendió es no tomar en cuenta en los muestreos las hojas muy jóvenes ni las muy viejas. Se tuvo el cuidado, a la vez, de no incluir hojas enfermas o muertas. Se tomaron hojas al azar en cada planta de la unidad experimental que haya recibido algunos de los tratamientos.

T A B L A No. 1

T R A T A M I E N T O S										Kg/Ha.		
										N	P	K
1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	40-	5-	0
2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	40-	5-	20
3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	40-	25-	0
4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	40-	25-	20
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	40-	50-	00
6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	40-	50-	20
7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	70-	5-	0
8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	70-	5-	20
9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	70-	25-	0 Kg/Ha.
10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	70-	25-	20
11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	70-	50-	0
12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	70-	50-	20
13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100-	5-	0
14	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100-	5-	20
15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100-	25-	0
16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100-	25-	20
17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100-	50-	0
18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100-	50-	20

Tomando una densidad de 20,000 plantas por Ha. á cada planta se le aplicó:

40 Kg/Ha de N.....	2	Grs./planta
70 Kg/Ha de N.....	3.50	Grs./planta
100 Kg/Ha de N.....	5	Grs./planta
5 Kg/Ha de P.....	0.25	Grs./planta
25 Kg/Ha de P.....	1.25	Grs./planta
50 Kg/Ha de P.....	2.40	Grs./planta
20 Kg/Ha de K.....	1	Grs./planta

El muestreo se hizo entre las 5:00 y 7:00 horas del día. Cada muestra se identificó con el número de la unidad experimental de la cual fue obtenida; se introdujeron en una bolsa nylon mientras se llevaron al secamiento en un horno; para el transporte se pusieron en un medio refrigerante con el objeto de que la hoja aletargara sus funciones metabólicas.

1.4.2. Una vez obtenida la muestra, se limpió su superficie y se secó el rocío o agua acumulada. Luego se obtuvo su peso. Se sometió a una temperatura constante de 105°C en un horno de convección durante 5 horas, hasta obtener un peso constante. Se pesó nuevamente, para obtener el porcentaje de humedad y de materia seca.

1.4.3. Se procedió a moler el material seco de modo que pasara por una malla No. 20. Se homogenizó bien y seguidamente se hizo la extracción de nitrógeno, fósforo y potasio, cuya metodología analítica se describe a continuación:

1.4.4. Método de extracción de nitrógeno:

A partir de la muestra secada al horno se pesó aproximadamente 1.0 gr., se colocó la muestra en un balón Kjeldahl de 600 ml., se agregaron 6 gr., de mezcla reactiva (sulfato de sodio anhidro más ácido selenioso 20/o)+25 ml. H_2SO_4 concentrado y unas perlas de vidrio. Se colocó el balón en el aparato de digestión, se dejó digerir la muestra por espacio de 45 minutos.

Luego, se le agregaron 260 ml. de agua destilada, tres gotas de rojo de metilo, 100 ml. de Hidróxido de Sodio, se colocó un erlen meyer de 500 ml. con 100 ml. de ácido bórico y unas gotas de indicador para recibir la destilación. Al agregar el Hidróxido de Sodio tuvo que haber un cambio en la coloración del contenido del balón Kjeldahl, de lo contrario se le agregaba más. Se destilaron 250 ml., en el erlen meyer receptor por

espacio de 15 minutos aproximadamente. Por último, se tituló la solución destilada con ácido clorhídrico estandarizado.

Para calcular el o/o de N se multiplicaron los ml gastados de HCl por un factor (que representa los gramos equivalentes de N por 100) y luego se dividió entre el peso de la muestra usada.

1.4.5: Determinación de Cenizas:

Se pesó con exactitud una camisa de crisol y un determinado peso de muestra secada al horno. Se carbonizó la muestra sobre la llama de un mechero, hasta que no hubo peligro de llamarada. Se colocó la camisa de crisol dentro de un horno mufla a 480° C. durante 16-20 horas. Se obtuvo el peso nuevamente. El porcentaje de cenizas se calculó así:

$$\text{o/o cenizas} = \frac{\text{peso crisol con ceniza} - \text{peso crisol}}{\text{peso de la muestra}}$$

1.4.6: Preparación de la solución de cenizas:

A partir de las cenizas del crisol, en el mismo recipiente, se le agregaron 5 ml. de la solución de HCl relación 1:1. Se calentó hasta sequedad en una estufa, usando temperatura baja durante dos horas; luego se agregaron otros 5 ml. de HCl; se calentó suavemente aproximadamente durante 30 minutos en la misma estufa. Lo que quedó se filtró a través de un papel Whatman No. 1 a un balón aforado de 100 ml. El papel filtro usado se colocó en la camisa de crisol respectiva y se redujo a cenizas en la mufla durante 30 minutos; se le agregaron 5 ml. de HCl, se calentó algunos minutos en la estufa y se filtró la solución a través de otro Whatman No. 1 en el mismo embudo y balón aforado. Se llevó a volumen. A partir de esta solución se

hizo la extracción de P y el K.

1.4.7 Extracción del fósforo:

Reactivos:

1) Solución de buffer de acetato, pH 4 (ácido acético 1 N y acetato de sodio 0.25 N). Se disuelven 34. g de acetato de sodio trihidratado en agua destilada y 60 g (57 ml) de ácido acético glacial y se completa a 1 litro.

2) Solución de ácido ascórbico al 10/o. Esta solución puede hacerse en ácido oxálico 0.50/o para estabilidad, ya que el ácido oxálico hasta una concentración de 0.05 M (0.650/o) no interfiere. Se guarda en la refrigeradora.

3) Molibdato de amonio al 10/o en ácido sulfúrico 0.05 M. Se agregaron 2.45 g (1.33 mL, d. 1.84) de ácido sulfúrico concentrado a un poco de agua destilada en un balón aforado de 1 litro. Se agregaron 10.0 g de molibdato de amonio disuelto en agua y se completó el volumen a 1 litro. Esta solución se guarda en un frasco obscuro en la refrigeradora.

4) Solución estandard de fósforo. Se disuelven 1.097 g de fosfato monobásico de potasio en agua destilada. Se debe mezclar cuidadosamente. Esta solución contiene 1 mg de fósforo por mL.

Aparatos:

1) Balones aforados de 100 ml

2) Pipetas volumétricas de 1, 2, 3, 4, 5 y 10 mL.

3) Colorímetro fotoeléctrico con filtro de 620-660 mu.

Curva Estandar:

Se preparó una solución estandar de trabajo por dilución de 5 ml de la solución estandar de fósforo a 100 ml con agua destilada. Se usaron alícuotas de 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 y 5.0 ml para la curva estandar, tratándolas en la misma forma que a las muestras. Estas soluciones cuando se llevaron a 100 ml contenían 0.025, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 y 0.25 mg de fósforo por 100 ml.

Procedimiento:

Se pipeteó a un balón aforado de 100 ml una alícuota de 1 ml de la solución de cenizas. Se agregó aproximadamente 60 ml de agua destilada, 10 ml de solución buffer, 1 ml de ácido ascórbico y 10 ml de solución de molibdato de amonio, mezclando después de cada adición. Se llevó a volumen y se mezcló bien. Se dejó reposar por 30 minutos o más a temperatura ambiente y se leyó la transmisión de esta solución coloreada en el colorímetro fotoeléctrico usando filtro de 640 mu.

Cálculos:

Se trazó la curva del estandar y se calculó el factor de ella:

$$\text{Factor} = \frac{\text{mg/100 ml}}{\text{densidad óptica}}$$

La lectura que da el aparato se lee en la curva para transformarla a mg/100 ml.

Se determinó la cantidad de fósforo en 100 ml de la solución coloreada. De esta cifra junto con los ml de solución de cenizas de la muestra en la alícuota tomada y el peso de la muestra tomada para las cenizas, se calculó el fósforo en mg por 100 g de la muestra.

Muestras secas:

$$D.O \times \text{factor} \times 100 \times 100$$

ml alícuota de la sol. x peso de la
de ceniza tomada muestra tomada

1.4.8 Extracción de Potasio:

Como se esperaba una alta concentración de K en las hojas, se tomaron 5 ml de la solución de cenizas, se colocaron en un balón aforado de 100 ml y se llevó a volumen.

Luego se preparó una solución estándar, pesando 0.19080 gr de cloruro de potasio y diluyendo ésto en un litro. Esta solución contiene 100 P.P.M. De ella se obtienen alícuotas de 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 y 50 ml llevándolas a un balón aforado de 50 ml el cual se llevó a volumen. Cada una de las muestras anteriores contiene 2, 4, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80 y 100 microgramos/ml (P.P.M).

Tanto a las muestras problema, como a las del estándar se les determinó la transmitancia en un espectrofotómetro de llama.

Con la concentración de K en los estándar y su transmitancia se construyó una curva en la cual, de acuerdo a la transmitancia de las muestras problema, se determinó la concentración de K de las soluciones leídas.

Para calcular el o/o de K en las hojas, se aplicó la

siguiente fórmula:

$$\text{o/o de K en gr} = \frac{\text{mg/ml de K} \times \text{volumen final de la muestra}}{\text{peso de la muestra}} \times 10^{-4}$$

mg/ml de K es la lectura de la curva, o sea la transformación de la transmitancia en mg de K/ml de solución.

CAPITULO V

I. RESULTADOS:

CONCENTRACION DE NUTRIENTES EN EL SUELO ANTES DE TRATAMIENTOS

No. 1	ppm					Meq/100gr	
	pH	P		K		Ca	Mg
	6.2	2.25		190		9.2	1.35
	Meq/100 gr					o/o	
	CTI	Ca	Mg	Na	K	H	S.B.
	40.29	31.20	2.00	0.44	0.87	5.78	85.65
							8.85

CONCENTRACION DE NUTRIENTES EN LAS HOJAS ANTES DE TRATAMIENTOS

No. 2			o/o N	P mg/100 gr	o/o K
	Bloque				
	I		0.780	76.000	3.2
	II		0.774	83.990	3.7
	III		0.794	67.999	3.6

Sintomatología:

Antes de tratamientos las plantas mostraban una clara deficiencia de nitrógeno: Hojas angostas, con coloraciones verde-amarillentas. La deficiencia de fósforo mostraba a la planta con la punta de las hojas necrosadas. Después de tratamientos, el cambio más sensible fue la sintomatología de nitrógeno, las hojas nuevas no presentaban las coloraciones descritas antes. La deficiencia de P no apareció. Las coloraciones observadas son características de la variedad.

CONCENTRACION DE NITROGENO EN HOJAS A
LOS 30 DIAS DESPUES DE APLICACION

No. 3 N P K	B L O Q U E		
	I	II	III
	o/o	o/o	o/o
Testigo	0.7074	0.8153	0.8018
1 1 1	0.9414	0.8316	0.7838
1 1 2	0.7873	0.8774	1.0632
1 2 1	0.9860	0.8274	0.8113
1 2 2	0.9080	0.8313	0.9243
1 3 1	0.8634	0.9713	1.0650
1 3 2	0.9254	0.9844	0.9453
2 1 1	0.7224	0.9392	0.7571
2 1 2	0.9368	0.8760	0.8789
2 2 1	0.8621	0.9910	0.8957
2 2 2	0.9068	0.9234	1.0496
2 3 1	0.8771	0.9368	0.9966
2 3 2	0.7231	1.0966	0.8873
3 1 1	0.9097	1.0244	1.0496
3 1 2	0.9251	1.0029	0.9871
3 2 1	0.9401	1.1587	0.9315
3 2 2	0.9556	0.9323	0.9281
3 3 1	0.7703	0.8333	0.8880
3 3 2	0.5227	0.8648	0.8226

**CONCENTRACION DE FOSFORO A LOS 30 DIAS
DESPUES DE APLICACION**

No. 4 P N K	B L O Q U E		
	I mgrs/100 gr.	II mgrs/100 gr.	III mgrs/100 gr.
Testigo	24.9965	20.3269	27.6598
1 1 1	27.4991	24.1409	51.4489
1 1 2	22.5008	30.7882	48.3092
1 2 1	34.9953	38.3257	27.3986
1 2 2	38.3218	41.6500	30.6698
1 3 1	34.9930	34.9522	51.5910
1 3 2	82.5000	38.2912	38.1237
2 1 1	34.9930	30.8405	27.3868
2 1 2	30.8261	27.4835	38.2874
2 2 1	35.0000	30.8210	36.0750
2 2 2	44.9820	27.4963	41.6458
2 3 1	30.8179	35.0421	34.9197
2 3 2	30.8303	38.3027	44.9072
3 1 1	76.6258	34.9046	41.6625
3 1 2	24.1538	27.4515	48.1456
3 2 1	34.9907	57.4177	83.3333
3 2 2	30.8282	24.1441	51.5996
3 3 1	27.4936	56.9852	48.2786
3 3 2	38.3155	44.7806	34.9336

**CONCENTRACION DE POTASIO EN HOJAS A LOS
30 DIAS DESPUES DE APLICACION**

No. 5 K N P	B L O			Q U E		
	I	II		III		
	o/o	o/o		o/o		
Testigo	2.7464	2.6662		2.8130		
1 1 1	2.4933	2.3375		2.3766		
1 1 2	2.4530	2.4662		2.3978		
1 1 3	2.4528	2.3967		2.7293		
1 2 1	2.4129	2.4806		2.4764		
1 2 2	2.4733	2.3728		2.6372		
1 2 3	2.4388	2.4696		2.4344		
1 3 1	2.3327	2.8987		2.4431		
1 3 2	2.3327	3.1821		2.4267		
1 3 3	2.3061	2.8278		2.6770		
2 1 1	2.5601	2.4165		2.6587		
2 1 2	2.6925	2.5856		2.4668		
2 1 3	2.2933	2.6504		2.5858		
2 2 1	2.4928	2.5385		2.4903		
2 2 2	2.2524	1.1199		2.6520		
2 2 3	2.3198	2.5446		2.3618		
2 3 1	2.3587	2.4623		3.0813		
2 3 2	2.2130	2.7974		2.3836		
2 3 3	2.4788	2.7266		2.5818		

ANDEVA A LOS 30 DIAS

No. 6		N				Prueba de Tukey
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.	
Bloque	2	0.0662	0.0331	3.951	*	N3 P1 a
Trat.	17	0.2469	0.0145	1.735	N.S.	N3 P2 a
N	2	0.0010	0.005	0.061	N.S.	N1 P3 ab
P	2	0.0175	0.0088	1.045	N.S.	N2 P2 ab
K	1	0.0002	0.0002	0.021	N.S.	N2 P3 ab
NP	4	0.1842	0.0461	5.500	*	N1 P2 ab
NK	2	0.0241	0.0120	1.436	N.S.	N1 P1 ab
PK	2	0.0180	0.0901	1.076	N.S.	N2 P1 ab
NPK	4	0.0019	0.0005	0.057	N.S.	N3 P3 b
error	34	0.2847	0.0084			
Total	53	0.5978	0.0113	1.347		

No. 7		P				Prueba de Tukey P
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.	
Bloque	2	827.20	413.60	3.573	*	P3 a
Trat.	17	3139.79	184.69	1.576	N.S.	P1 ab
N	2	276.31	138.16	1.194	N.S.	P2 b
P	2	761.54	380.77	3.290	*	Prueba de Tukey PK
K	1	72.64	72.64	0.628	N.S.	P3 K1 a
NP	4	392.66	98.17	0.848	N.S.	P1 K2 ab
NK	2	269.50	134.75	1.164	N.S.	P1 K1 ab
PK	2	941.27	470.64	4.066	*	P2 K2 ab
NPK	4	425.87	106.47	0.920	N.S.	P3 K2 ab
error	34	3935.45	115.75			P2 K1 b
Total	53	7902.44	149.10	1.288		

No. 8		K			
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.
Bloque	2	0.1905	0.0953	1.234	N.S.
Trat.	17	1.0209	0.0601	0.778	N.S.
N	2	0.3513	0.1757	2.277	N.S.
P	2	0.0714	0.0357	0.463	N.S.
K	1	0.0171	0.0171	0.222	N.S.
NP	4	0.1171	0.0293	0.379	N.S.
NK	2	0.1382	0.0691	0.896	N.S.
PK	2	0.1592	0.0798	1.034	N.S.
NPK	4	0.1662	0.0415	0.538	N.S.
Error	34	2.6234	0.0772		
Total	53	3.8348	0.0724	0.938	

* Nivel de significación del 0.05

**CONCENTRACION DE NITROGENO EN HOJAS A LOS
60 DIAS DESPUES DE APLICACION**

No. 9 N P K	B L O Q U E		
	I	II	III
	o/o	o/o	o/o
Testigo	0.7496	0.7479	0.7109
1 1 1	0.8788	0.7184	0.7836
1 1 2	0.7959	0.7839	0.8683
1 2 1	0.8607	0.7884	0.7680
1 2 2	0.8397	0.8971	0.7750
1 3 1	0.9029	0.9421	0.9548
1 3 2	0.8363	0.8562	0.8330
2 1 1	0.8284	1.0151	0.7788
2 1 2	0.8092	0.8206	0.8231
2 2 1	0.8175	0.8108	0.9142
2 2 2	0.8080	0.9695	0.9657
2 3 1	0.7470	0.9030	1.0389
2 3 2	0.8027	0.9160	0.8686
3 1 1	0.9057	1.0162	1.0123
3 1 2	0.8158	0.9523	0.8850
3 2 1	0.8398	0.8836	0.9574
3 2 2	0.8259	1.0132	0.8801
3 3 1	0.8960	0.9448	0.9712
3 3 2	0.8220	0.9097	0.7845

CONCENTRACION DE FOSFORO A LOS 60 DIAS
DESPUES DE APLICACION

No. 10 P N K	B L O Q U E		
	I Mg/100 gr.	II mg/100 gr.	III mg/100 gr.
Testigo	179.756	124.859	95.004
1 1 1	383.672	216.172	141.558
1 1 2	347.903	171.364	136.035
1 2 1	322.330	295.673	98.797
1 2 2	271.641	217.246	117.553
1 3 1	344.907	111.944	132.023
1 3 2	138.889	43.105	142.928
2 1 1	257.998	79.224	112.519
2 1 2	316.125	52.118	114.648
2 2 1	204.313	139.476	101.571
2 2 2	254.888	165.153	86.452
2 3 1	208.768	182.713	162.472
2 3 2	190.782	133.173	175.412
3 1 1	298.463	125.577	181.483
3 1 2	220.297	157.360	177.879
3 2 1	191.792	168.508	202.758
3 2 2	211.676	131.433	187.514
3 3 1	223.549	134.736	190.549
3 3 2	134.750	106.792	180.776

**CONCENTRACION DE POTASIO EN HOJAS A LOS
60 DIAS DESPUES DE APLICACION**

No. 11 K N P	B L O Q U E		
	I	II	III
	o/o	o/o	o/o
Testigo	2.7668	3.1383	2.8836
1 1 1	2.5245	2.9137	2.7221
1 1 2	2.1736	2.4751	2.5106
1 1 3	2.6328	3.8158	2.6892
1 2 1	2.3942	2.5946	2.5789
1 2 2	2.2883	2.2561	2.6327
1 2 3	2.2269	2.6564	2.4459
1 3 1	2.7423	2.6971	3.4845
1 3 2	2.7499	2.4641	2.9696
1 3 3	2.4215	2.6014	2.9268
2 1 1	2.5682	2.4926	2.5419
2 1 2	2.6078	2.3300	2.5575
2 1 3	2.7251	2.6410	2.9130
2 2 1	3.1560	2.9288	2.6113
2 2 2	2.3528	2.9219	2.8279
2 2 3	2.9521	2.4608	2.6602
2 3 1	2.5712	2.3792	2.4928
2 3 2	2.1316	3.4577	2.9541
2 3 3	2.6950	2.5442	2.8924

ANDEVA A LOS 60 DIAS

N

No. 12

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.	Prueba de Tukey N
Bloque	2	0.0370	0.0185	4.128	*	N3 a
Trat.	17	0.1320	0.0078	1.734	N.S.	N2 ab
N	2	0.0423	0.0212	4.729	*	N1 b
P	2	0.0057	0.0028	0.634	N.S.	
K	1	0.0096	0.0096	2.151	N.S.	
NP	4	0.0280	0.0070	1.562	N.S.	
NK	2	0.0075	0.0037	0.833	N.S.	
PK	2	0.0298	0.0149	3.327	N.S.	
NPK	4	0.0091	0.0023	0.510	N.S.	
error	34	0.1522	0.0045			
Total	53	0.3211	0.0061	1.354		

P

No. 13

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.
Bloque	2	131,656.6	65,828.3	19.692	*
Trat.	17	60,086.1	3,534.5	1.057	N.S.
N	2	9,351.2	4,675.6	1.399	N.S.
P	2	13,586.2	6,793.1	2.032	N.S.
K	1	7,341.8	7,341.8	2.196	N.S.
NP	4	17,709.2	4,427.3	1.324	N.S.
Nk	2	4,621.3	2,310.7	0.691	N.S.
PK	2	6,947.4	3,473.7	1.039	N.S.
NPK	4	529.0	132.3	0.040	N.S.
Error	34	113,655.7	3,342.8		
Total	53	305,398.4	5,762.2	1.724	N.S.

K

No. 14

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.
Bloque	2	0.3768	0.1884	2.113	N.S.
Trat.	17	1.9468	0.1145	1.284	N.S.
N.	2	0.1387	0.0693	0.777	N.S.
P	2	0.1547	0.0773	0.867	N.S.
K	1	0.0115	0.0115	0.129	N.S.
NP	4	0.6191	0.1548	1.736	N.S.
NK	2	0.5361	0.2681	3.006	N.S.
PK	2	0.1826	0.0913	1.024	N.S.
NPK	4	0.3042	0.0761	0.853	N.S.
error	34	3.0319	0.0892		
Total	53	5.3555	0.1010	1.133	N.S.

* Nivel de significación del 0.05

**CONCENTRACION DE NITROGENO EN HOJAS A LOS
90 DIAS DESPUES DE APLICACION**

No. 15 N P K	B L O Q U E		
	I	II	III
	o/o	o/o	o/o
Testigo	0.6913	0.7261	0.9237
1 1 1	0.9194	0.8091	1.0573
1 1 2	0.9475	0.9822	0.8555
1 2 1	1.0239	1.2044	1.1468
1 2 2	0.9975	0.9639	1.1138
1 3 1	0.9797	1.0736	0.9094
1 3 2	0.8993	0.9241	1.1725
2 1 1	1.1125	1.0600	0.8680
2 1 2	0.7746	1.0884	1.2807
2 2 1	0.9018	1.0825	1.1942
2 2 2	0.9050	1.2000	1.1987
2 3 1	1.0696	0.9685	1.0662
2 3 2	1.0236	0.8392	1.2138
3 1 1	0.8817	1.2417	1.2802
3 1 2	0.8903	1.3013	1.0709
3 2 1	1.0272	1.1130	1.1346
3 2 2	0.8555	1.1249	1.0851
3 3 1	0.9705	1.0949	1.0991
3 3 2	1.0606	1.1100	0.9450

**CONCENTRACION DE FOSFORO A LOS 90 DIAS
DESPUES DE APLICACION**

No. 16 P N K	B L O Q U E		
	I mg/100 gr.	II mg/100 gr.	III mg/100 gr.
Testigo	122.160	105.179	117.707
1 1 1	149.162	157.049	161.150
1 1 2	122.434	151.753	142.909
1 2 1	193.772	191.610	196.370
1 2 2	174.088	185.247	157.990
1 3 1	175.314	187.726	160.471
1 3 2	135.244	152.095	160.701
2 1 1	183.732	148.273	129.997
2 1 2	157.979	147.370	130.150
2 2 1	176.210	166.364	152.928
2 2 2	152.534	150.773	162.128
2 3 1	204.965	159.653	138.923
2 3 2	157.871	133.745	150.154
3 1 1	171.755	121.837	136.882
3 1 2	186.280	149.083	138.136
3 2 1	199.198	140.158	173.827
3 2 2	161.975	119.091	161.116
3 3 1	159.187	127.135	162.504
3 3 2	178.484	109.259	138.540

**CONCENTRACION DE POTASIO EN HOJAS A LOS
90 DIAS DESPUES DE APLICACION**

No. 17				B L O Q U E		
K N P				I	II	III
				o/o	o/o	o/o
Testigo				3.1137	2.9654	3.0419
1 1 1				3.2480	2.6240	3.3718
1 1 2				2.8252	3.3481	3.3078
1 1 3				2.9428	2.7835	2.9185
1 2 1				2.8398	2.7830	2.8599
1 2 2				2.4451	2.5938	3.9110
1 2 3				3.3487	2.9929	2.7846
1 3 1				2.4771	2.9544	3.2582
1 3 2				3.1377	3.1561	3.3728
1 3 3				2.7314	3.3403	3.7316
2 1 1				3.6495	2.6813	2.3954
2 1 2				3.0223	3.7808	3.1039
2 1 3				2.5940	2.6037	3.4036
2 2 1				2.8783	2.6149	3.0257
2 2 2				2.5188	2.8510	3.2547
2 2 3				5.2204	1.8450	3.3426
2 3 1				2.7439	3.0989	3.2940
2 3 2				2.6792	3.3529	3.3620
2 3 3				2.9622	3.3420	3.1094

ANDEVA A LOS 90 DIAS

N

No. 18

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.
Bloque	2	0.1859	0.0929	5.862	*
Trat.	17	0.1689	0.0099	0.627	N.S.
N	2	0.0491	0.0246	1.548	N.S.
P	2	0.0269	0.0135	0.848	N.S.
K	1	0.0040	0.0040	0.253	N.S.
NP	4	0.0622	0.0155	0.980	N.S.
NK	2	0.0111	0.0055	0.348	N.S.
PK	2	0.0044	0.0022	0.138	N.S.
NPK	4	0.0112	0.0028	0.177	N.S.
error	34	0.5392	0.0159		
Total	53	0.8940	0.0169	1.064	N.S.

P

No. 19

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.	Prueba de Tukey N
Bloque	2	3732.3	1866.2	5.552	*	N2 a
Trat.	17	10412.7	612.5	1.822	N.S.	N3 ab
N	2	3142.4	1571.2	4.675	*	N1 b
P	2	1414.5	707.3	2.104	N.S.	
K	1	2387.0	2387.0	7.101	*	
NP	4	1656.4	414.1	1.232	N.S.	
NK	2	616.2	308.1	0.917	N.S.	
PK	2	541.7	270.9	0.806	N.S.	Prueba de Tukey K
NPK	4	654.5	163.6	0.487	N.S.	K1
error	34	11428.1	336.1			K2
Total	53	25573.1	482.5	1.436	N.S.	

K

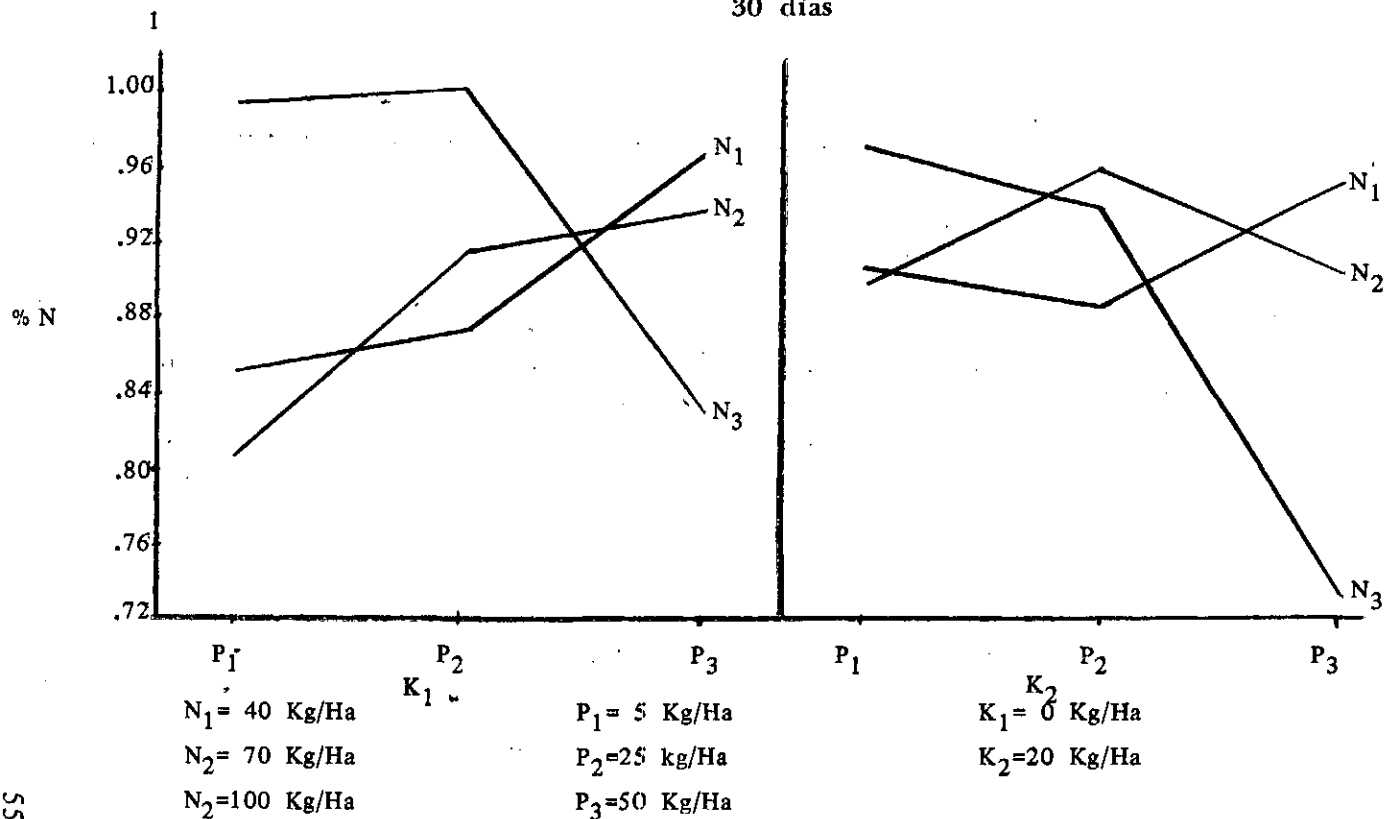
No. 20

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.
Bloque	2	1.0302	0.5151	1.794	N.S.
Trat.	17	1.5492	0.0911	0.317	N.S.
N	2	0.1941	0.0971	0.338	N.S.
P	2	0.2988	0.1494	0.520	N.S.
K	1	0.0024	0.0024	0.008	N.S.
NP	4	0.5938	0.1484	0.517	N.S.
NK	2	0.1265	0.0633	0.220	N.S.
PK	2	0.1140	0.0570	0.199	N.S.
NPK	4	0.2197	0.0549	0.191	N.S.
error	34	9.7622	0.2871		
Total	53	12.3416	0.2329	0.811	N.S.

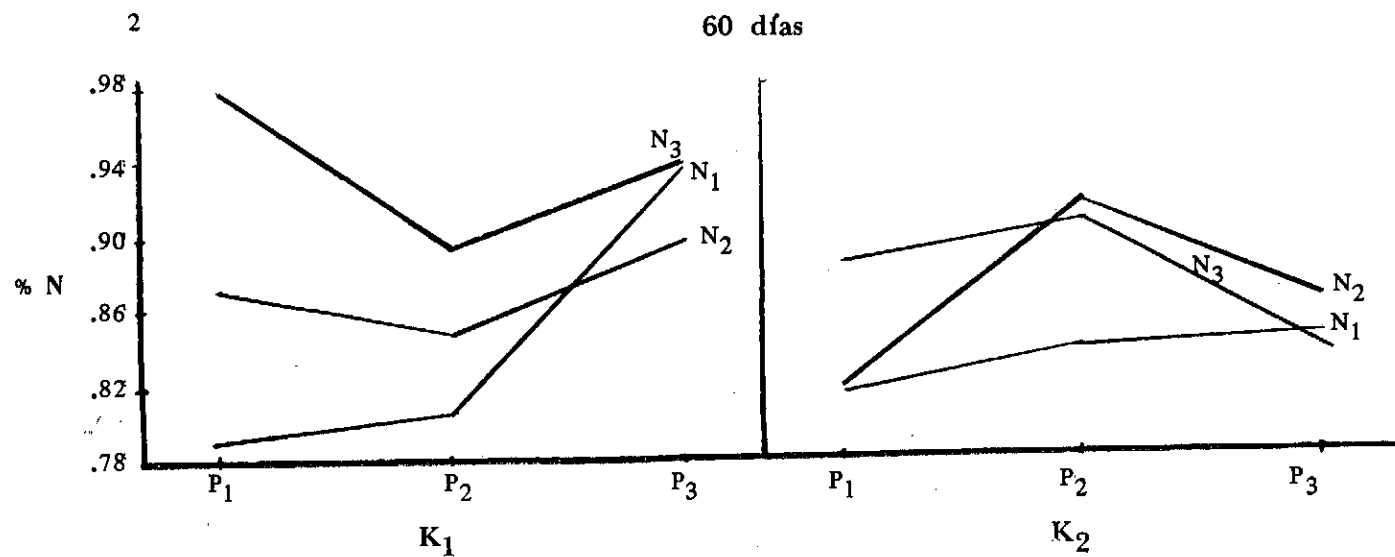
* Nivel de significación del 0.05

Absorcion de N según tratamientos

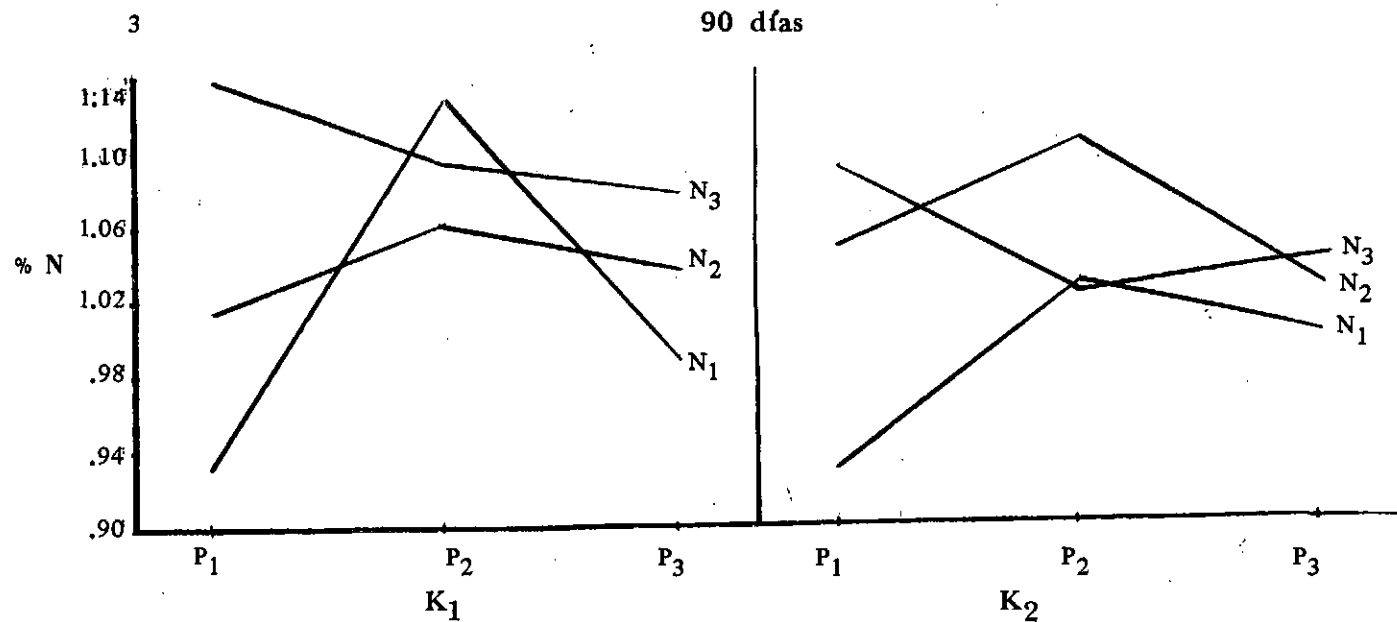
30 días



Absorción de N según tratamientos

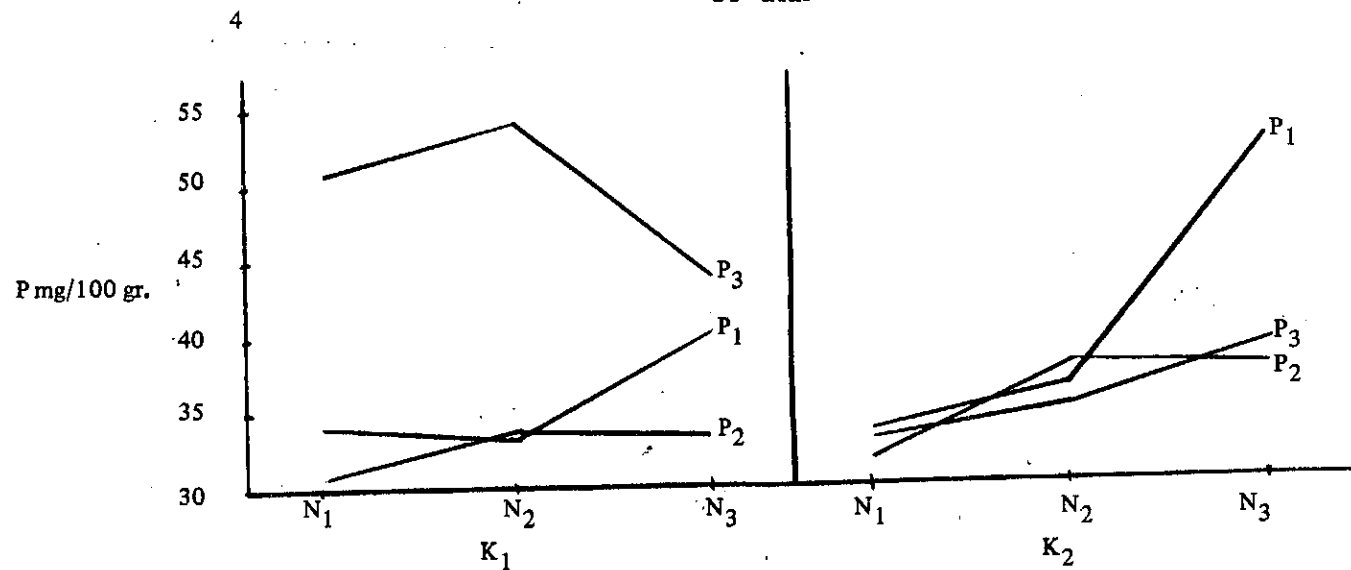


Absorción de N según tratamientos



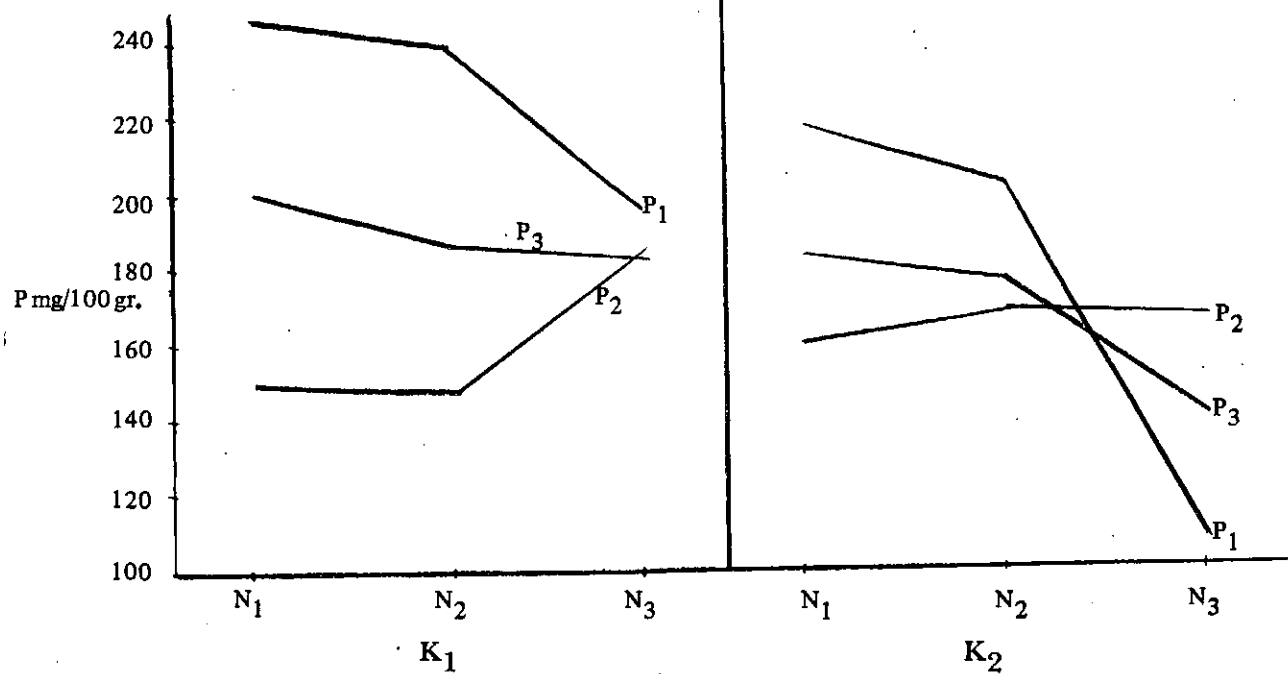
Absorción de P según tratamientos

30 días

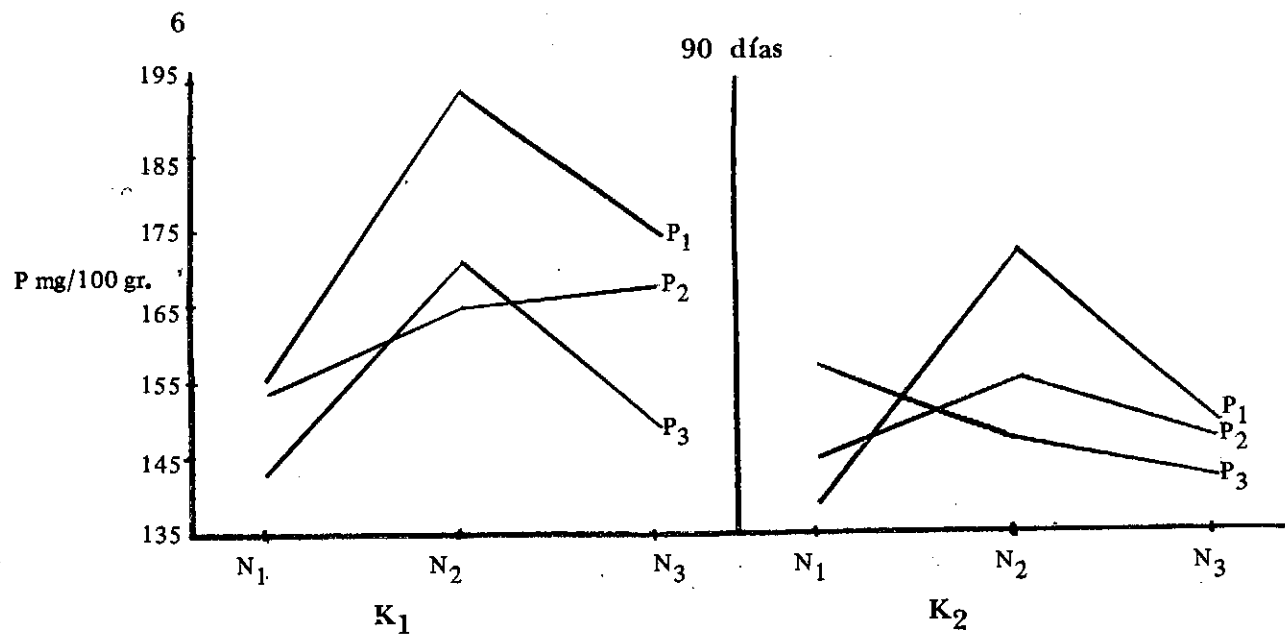


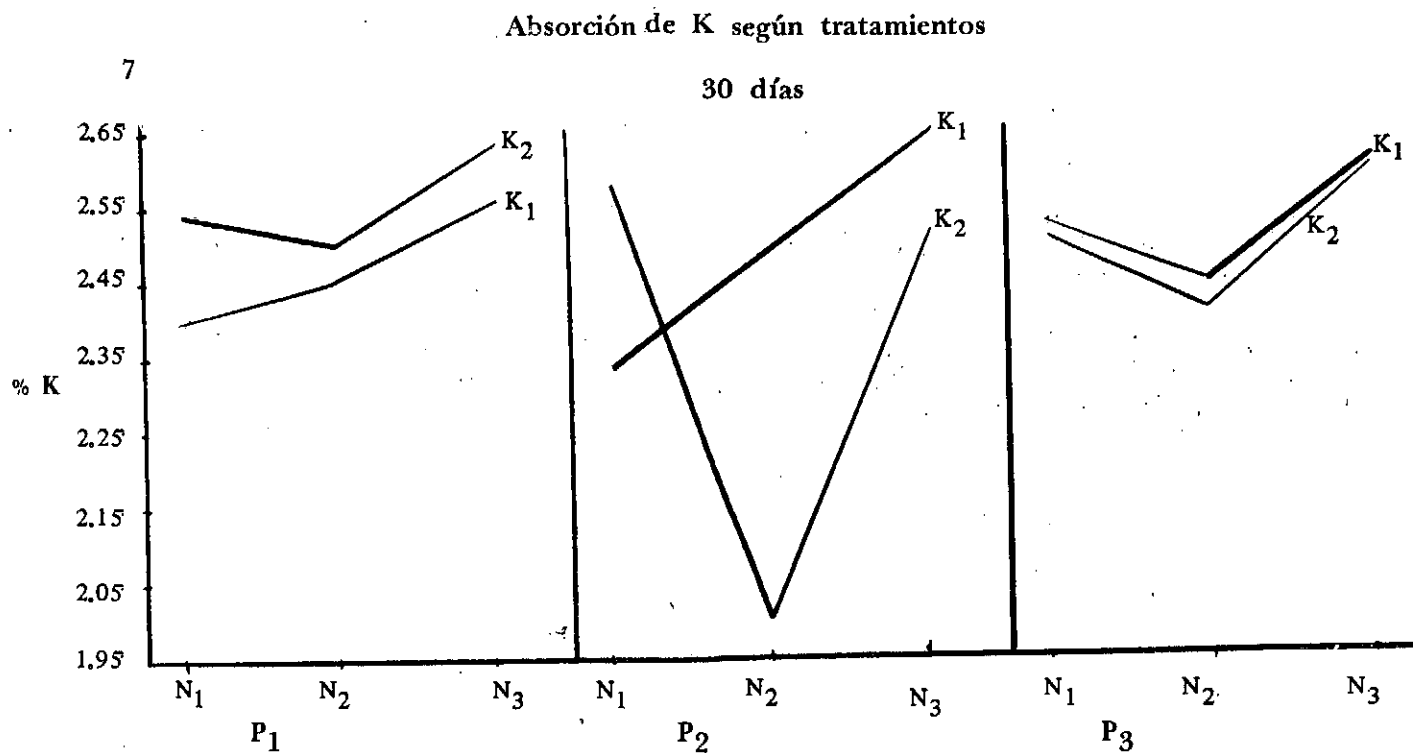
5

Absorción de P según tratamientos
60 días



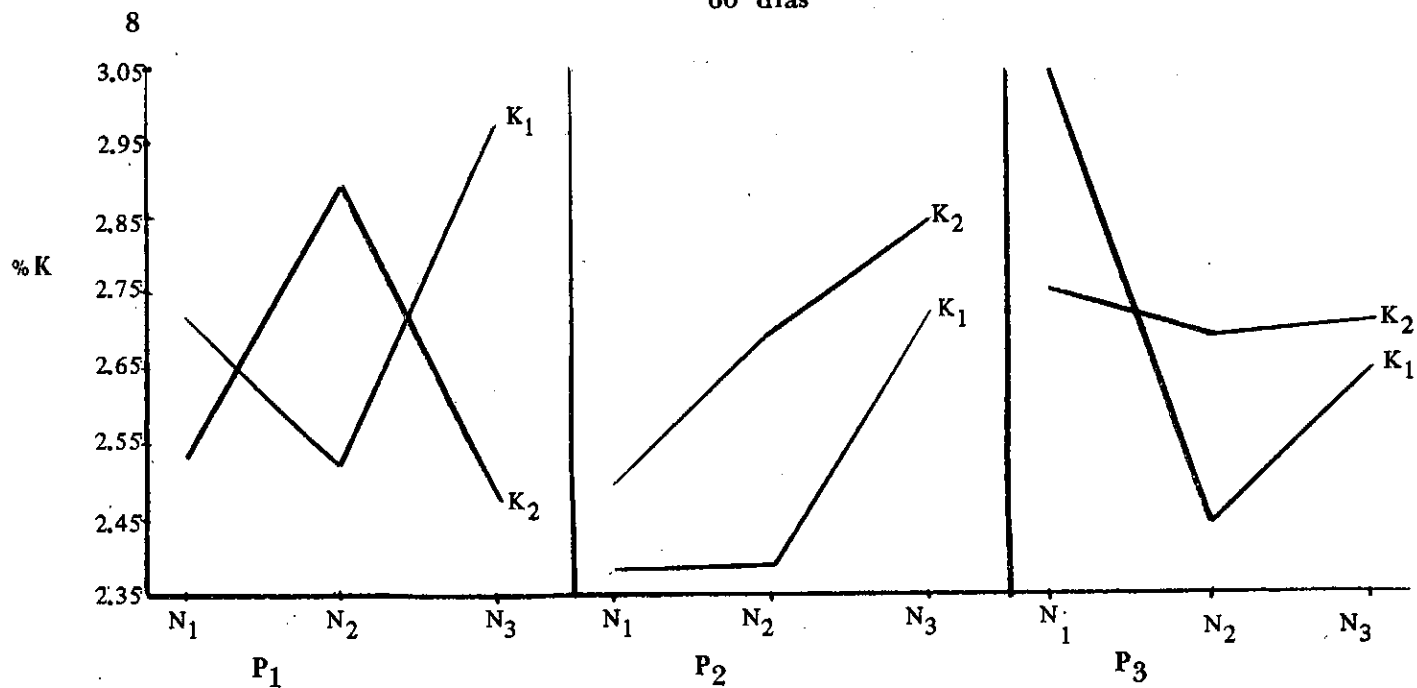
Absorción de P según tratamientos



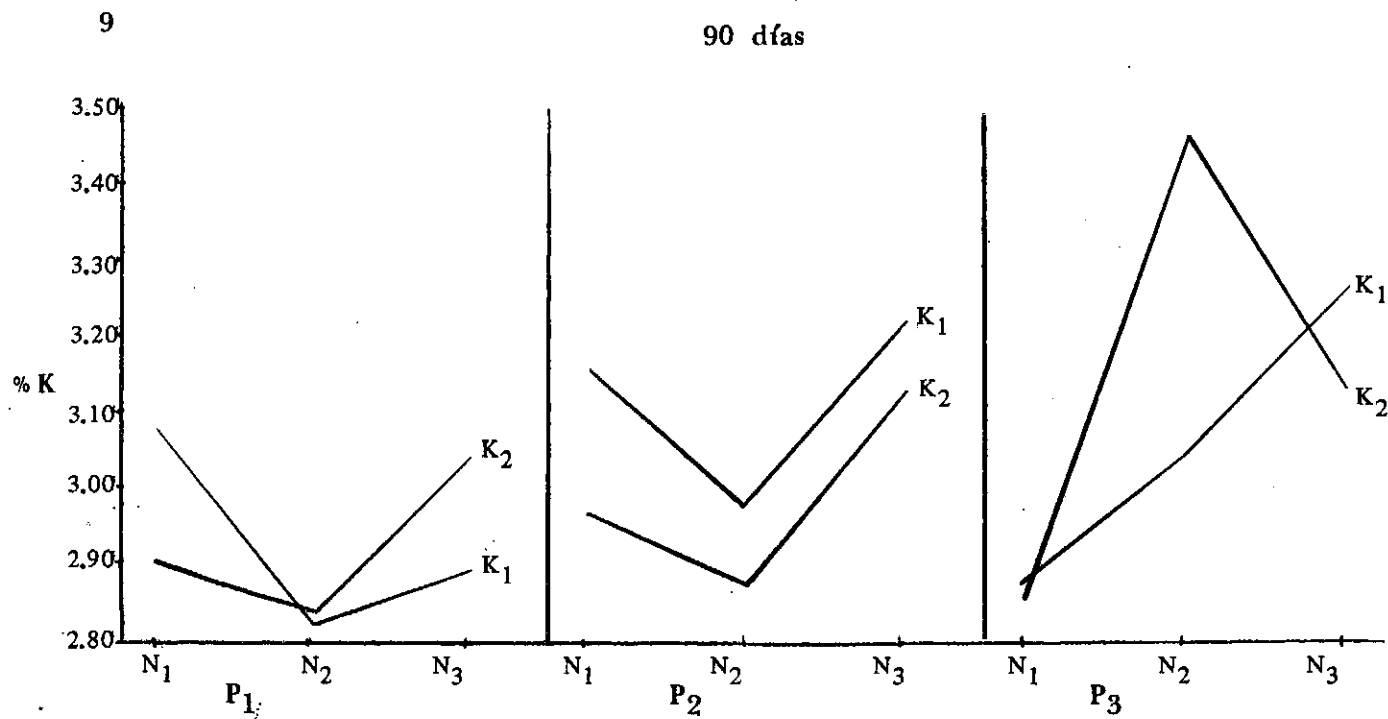


Absorción de K según tratamientos

60 días



Absorción de K según tratamientos
90 días



**MEDIAS DE CONCENTRACION DE N POR EPOCAS
DE MUESTREO Y TOTAL**

No. 21

N P K	30 días	60 días	90 días	Total
	o/o	o/o	o/o	o/o
Testigo	0.7748	0.7361	0.7804	0.7638
1 1 1	0.8523	0.7936	0.9295	0.8582
1 1 2	0.9093	0.8160	0.9284	0.8846
1 2 1	0.8749	0.8057	1.1250	0.9352
1 2 2	0.8879	0.8373	1.0250	0.9167
1 3 1	0.9666	0.9333	0.9876	0.9625
1 3 2	0.9517	0.8418	0.9986	0.9307
2 1 1	0.8062	0.8741	1.0135	0.8979
2 1 2	0.8972	0.8176	1.0479	0.9209
2 2 1	0.9163	0.8475	1.0595	0.9411
2 2 2	0.9599	0.9144	1.1012	0.9919
2 3 1	0.9368	0.8963	1.0348	0.9560
2 3 2	0.9023	0.8624	1.0255	0.9301
3 1 1	0.9946	0.9781	1.1345	1.0357
3 1 2	0.9717	0.8844	1.0875	0.9812
3 2 1	1.0101	0.8936	1.0916	0.9984
3 2 2	0.9387	0.9064	1.0218	0.9556
3 3 1	0.8305	0.9373	1.0548	0.9409
3 3 2	0.7367	0.8387	1.0385	0.8713

**MEDIAS DE CONCENTRACION DE P POR EPOCAS
DE MUESTREO Y TOTAL**

No. 22	mgr/100 gr.			
P N K	30 días	60 días	90 días	Total
Testigo	24.328	133.206	115.015	90.850
1 1 1	34.363	247.134	155.787	145.761
1 1 2	33.866	218.434	139.032	130.444
1 2 1	33.573	238.933	193.917	155.475
1 2 2	36.881	202.147	172.442	137.156
1 3 1	40.512	196.291	174.504	137.102
1 3 2	52.972	108.307	149.347	103.542
2 1 1	31.073	149.914	154.001	111.663
2 1 2	32.199	160.964	145.166	112.776
2 2 1	33.965	148.453	165.167	115.862
2 2 2	38.041	168.831	155.145	120.673
2 3 1	33.593	184.651	167.847	128.697
2 3 2	38.014	166.456	147.257	117.242
3 1 1	51.064	201.841	143.492	132.132
3 1 2	33.250	185.179	157.833	125.421
3 2 1	58.581	187.686	171.061	139.109
3 2 2	35.524	176.874	147.394	119.931
3 3 1	44.252	182.945	149.609	125.602
3 3 2	39.343	140.773	142.094	107.403

**MEDIAS DE CONCENTRACION DE K POR EPOCAS
DE MUESTREO Y TOTAL**

No. 23

K N P	30 días	60 días	90 días	Total
	o/o	o/o	o/o	o/o
Testigo	2.7419	2.9296	3.0403	2.9039
1 1 1	2.4025	2.7201	3.0813	2.7346
1 1 2	2.4390	2.3864	3.1604	2.6619
1 1 3	2.5263	3.0459	2.8816	2.8179
1 2 1	2.4566	2.5226	2.8276	2.6023
1 2 2	2.4944	2.3927	2.9833	2.6237
1 2 3	2.4476	2.4431	3.0421	2.6442
1 3 1	2.5582	2.9746	2.8966	2.8098
1 3 2	2.6472	2.7245	3.2222	2.8646
1 3 3	2.6036	2.6499	3.2678	2.8404
2 1 1	2.5451	2.5342	2.9087	2.6627
2 1 2	2.5816	2.4984	2.9690	2.6830
2 1 3	2.5098	2.7597	2.8671	2.7122
2 2 1	2.5072	2.8987	2.8396	2.7485
2 2 2	2.0081	2.7009	2.8748	2.5279
2 2 3	2.4087	2.6910	3.4693	2.8564
2 3 1	2.6341	2.4811	3.0456	2.7203
2 3 2	2.4647	2.8478	3.1314	2.8146
2 3 3	2.5957	2.7105	3.1379	2.8147

ANDEVA PARA ABSORCION TOTAL DE N

No. 24

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.	Prueba de Tukey N	
Bloque	2	0.2485	0.1243	12.56	*	N3	a
Trat.	17	0.3180	0.0187	1.89	N.S.	N2	ab
N	2	0.0654	0.0327	3.30	*	N1	b
P	2	0.0238	0.0119	1.20	N.S.	Prueba de Tukey NP	
K	1	0.0102	0.0102	1.03	N.S.	N3 P1	a
NP	4	0.1591	0.0398	4.02	*	N3 P2	ab
Nk	2	0.0359	0.0179	1.81	N.S.	N2 P2	ab
PK	4	0.0143	0.0071	0.72	N.S.	N1 P3	abc
NPK	4	0.0093	0.0023	0.23	N.S.	N2 P3	abc
Error (A)	34	0.3362	0.0099			N1 P2	abc
Subtotal	53	0.9027	0.0170	1.72	N.S.	N2 P1	bc
Ciclo	2	0.8429	0.4215	44.61	*	N3 P3	bc
Trat.x C.	34	0.2299	0.0068	0.72	N.S.	N1 P1	c
Error (B)	72	0.6803	0.0094			Prueba de Tukey C	
Total	161	2.6558	0.0165	1.75		C90	
						C30	a
						C60	a

ANDEVA PARA ABSORCION TOTAL DE P

No. 25

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.
Bloque	2	58431.03	29215.52	23.76	*
Trat.	17	28971.59	1704.21	1.39	N.S.
N	2	3549.69	1774.84	1.44	N.S.
P	2	7964.10	3982.05	3.24	N.S.
K	1	6822.94	6822.94	5.55	*
NP	4	5775.21	1443.80	1.17	N.S.
NK	2	1429.86	714.93	0.58	N.S.
PK	2	2911.62	1455.81	1.18	N.S.
NPK	4	518.17	129.54	0.11	N.S.
Error (A)	34	41803.45	1229.51		
Subtotal	53	129206.07	2437.85	1.98	
Ciclo	2	627995.11	313997.55	137.02	*
Trat. x C	34	44667.11	1313.74	0.57	N.S.
Error (B)	72	165000.73	2291.68		
Total	161	966869.02	6005.40	2.62	

Prueba de Tukey K

K1
K2

Prueba de Tukey Ciclos

C60
C90
C30

* Nivel de significación de 0.05

**CUADROS DE MEDIAS DE ABSORCION DE
N SEGUN NIVELES**

N				
No. 26 Niveles	1	2	3	Total
1	0.8714	0.9094	1.0085	0.9298
P 2	0.9260	0.9665	0.9770	0.9565
3	0.9466	0.9430	0.9061	0.9319
Total	0.9146	0.9396	0.9639	

N				
Niveles	1	2	3	Total
1	0.9186	0.9317	0.9917	0.9473
K 2	0.9107	0.9476	0.9360	0.9315
Total	0.9146	0.9396	0.9639	

P				
Niveles	1	2	3	Total
1	0.9306	0.9582	0.9531	0.9473
K 2	0.9289	0.9547	0.9107	0.9315
Total	0.9298	0.9565	0.9319	

N N I V E L E S				
Días	1	2	3	Total
30	0.9071	0.9031	0.9137	0.9080
60	0.8380	0.8687	0.9064	0.8710
90	0.9989	1.0471	1.0715	1.0391
Total	0.9146	0.9396	0.9634	

**CUADROS DE MEDIAS DE ABSORCION DE
P SEGUN NIVELES**

P				
No. 27 Niveles	1	2	3	Total
1	138.103	122.219	128.776	126.366
N 2	146.315	118.267	129.520	131.368
3	120.322	122.969	116.503	119.931
Total	134.913	117.819	124.933	

Niveles	P			Total
	1	2	3	
1	146.113	118.741	132.281	132.378
K 2	123.714	116.897	117.585	119.399
Total	134.913	117.819	124.933	

Niveles	N			Total
	1	2	3	
1	129.852	136.815	130.467	132.378
K 2	122.880	125.920	109.396	119.399
Total	126.366	131.368	119.931	

Días	P N I V E L E S			Total
	1	2	3	
30	38.694	34.481	43.669	38.948
60	201.874	163.211	179.216	181.434
90	164.171	155.764	151.914	157.283
Total	134.913	117.819	124.933	

**CUADROS DE MEDIAS DE ABSORCION DE
K SEGUN NIVELES**

No. 28 Niveles	N			Total
	1	2	3	
1	2.694	2.675	2.765	2.713
P 2	2.672	2.576	2.840	2.696
3	2.765	2.750	2.828	2.781
Total	2.712	2.667	2.811	

Niveles	N			Total
	1	2	3	
1	2.738	2.623	2.838	2.733
K 2	2.686	2.711	2.783	2.727
Total	2.712	2.667	2.811	

Niveles	P			Total
	1	2	3	
1	2.716	2.717	2.768	2.733
K 2	2.710	2.675	2.794	2.727
Total	2.713	2.696	2.781	

Días	K N I V E L E S		Total
	1	2	
30	2.508	2.473	2.491
60	2.651	2.680	2.666
90	3.040	3.027	3.034
Total	2.733	2.727	

ANDEVA PARA EL NIVEL CRITICO DE N

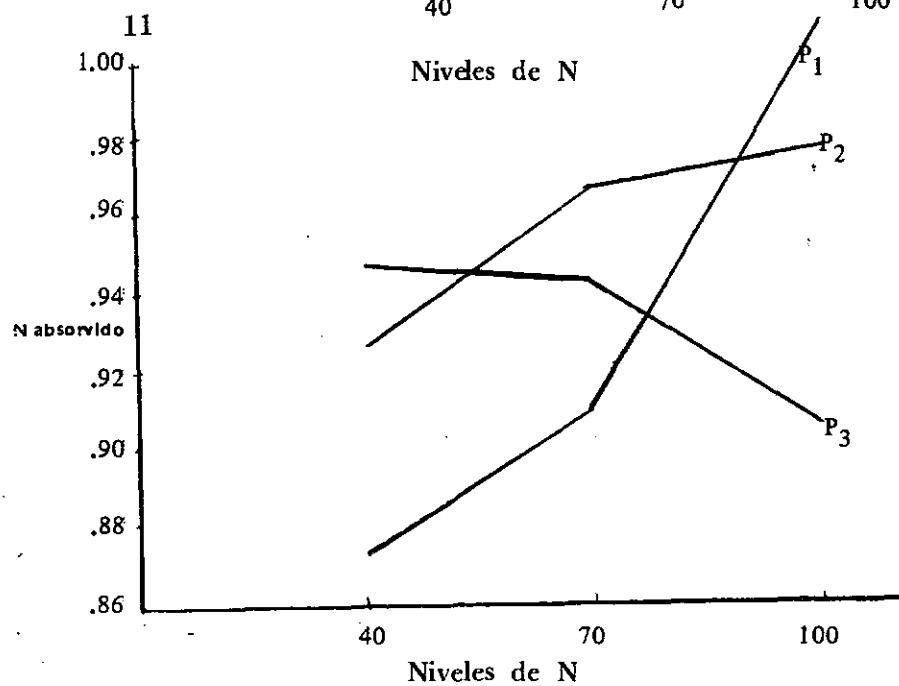
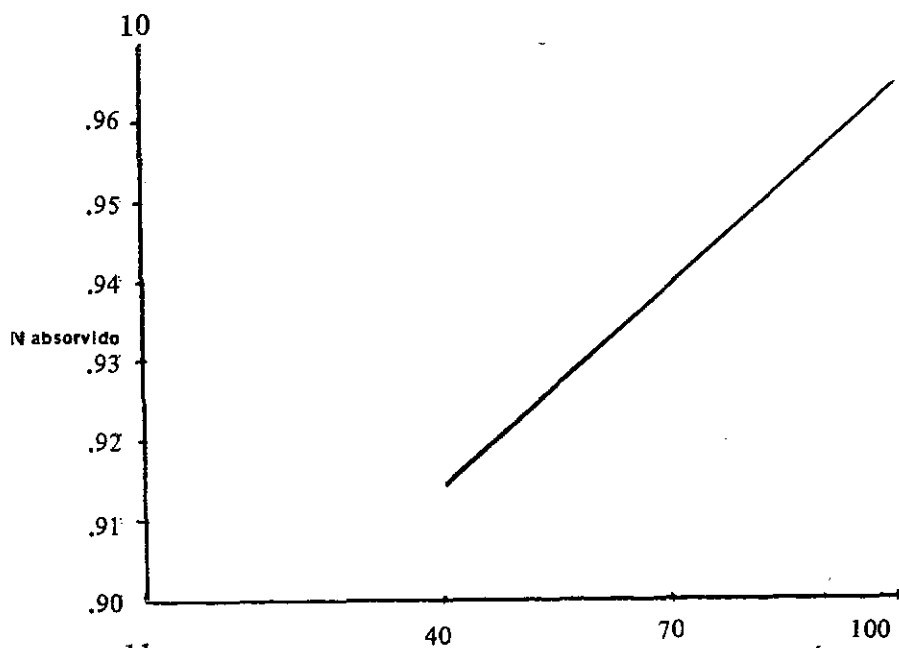
No. 29

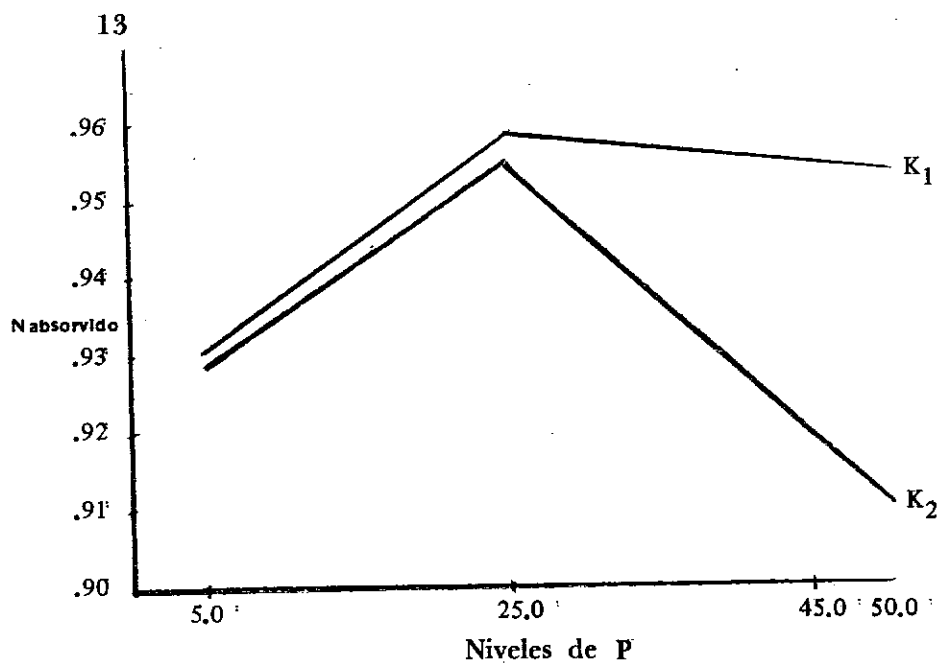
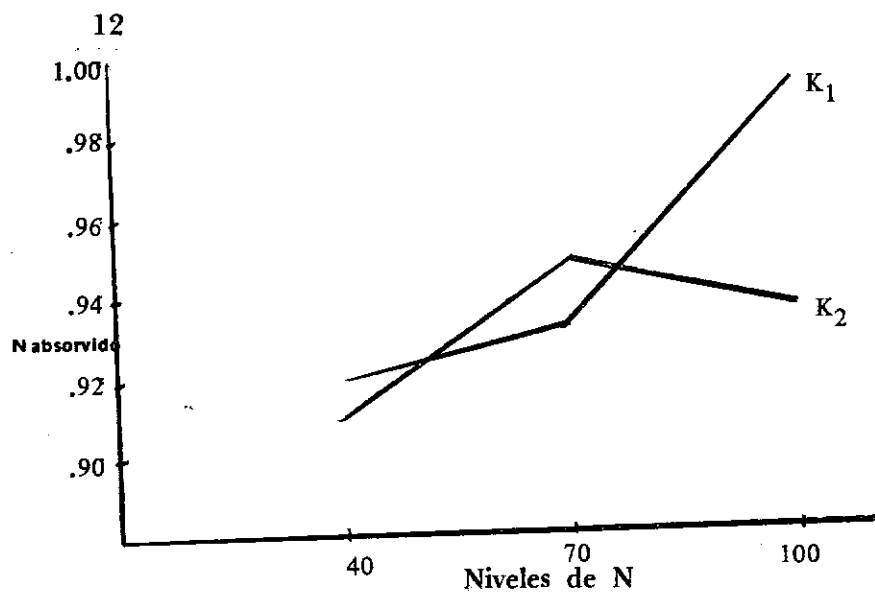
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.
Bloque	2	0.2586	0.1293	13.70	*
Trat.	18	0.5810	0.0323	3.42	*
Error (A)	36	0.3399	0.0094		
Subtotal	56	1.1609	0.0207	2.20	
Ciclo	2	0.8170	0.4085	2.78	N.S.
C. x Trat.	36	0.2593	0.0072	0.05	N.S.
Error (B)	76	11.1733	0.1470		
Total	170	13.4291	0.0790	0.54	

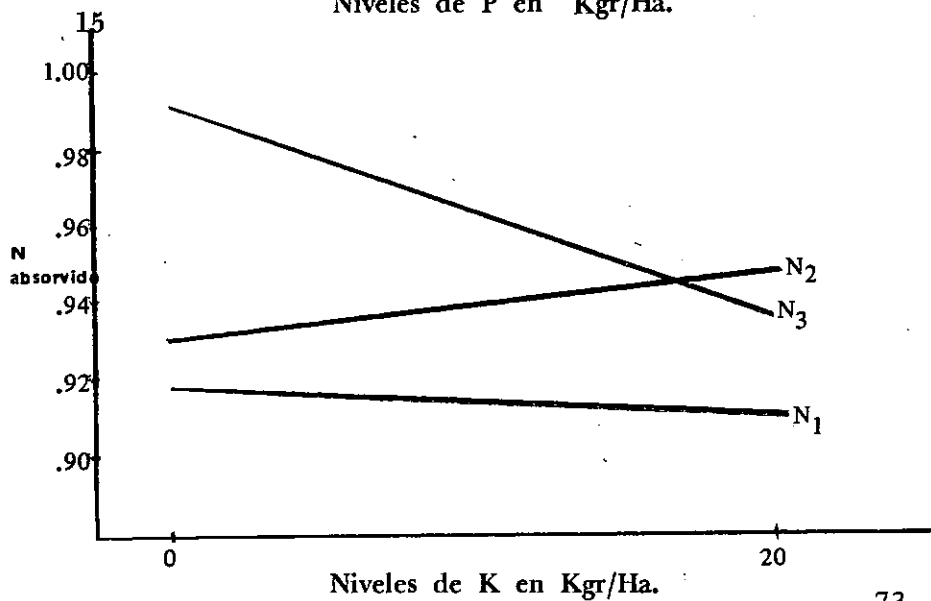
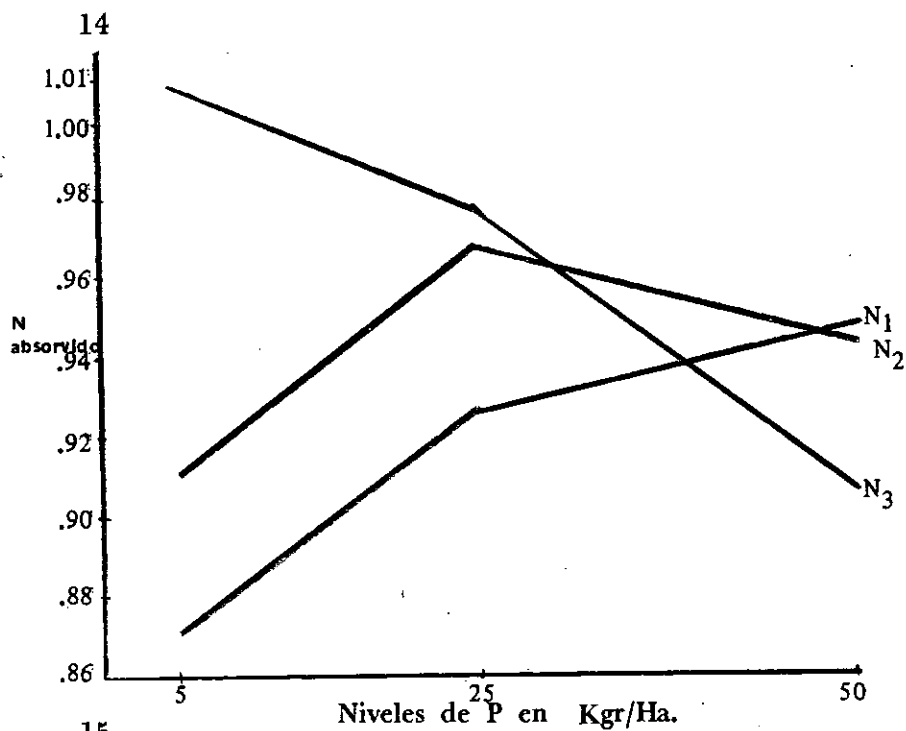
* Nivel de significación del 0.05

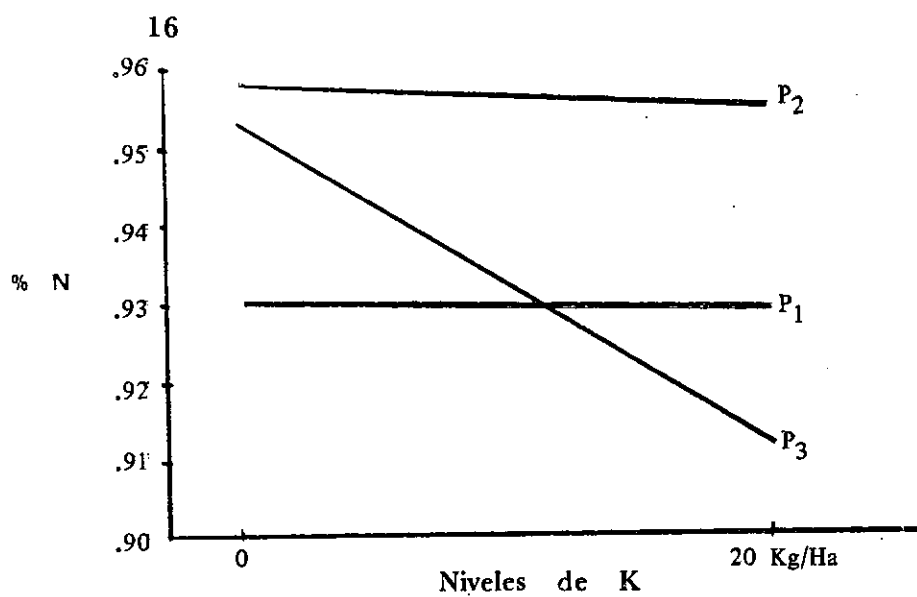
PRUEBA DE TUKEY PARA TRATAMIENTOS

N3 P1 K1	a
N3 P2 K1	ab
N2 P2 K2	ab
N1 P1 K2	ab
N1 P3 K1	ab
N2 P3 K1	ab
N3 P2 K2	ab
N2 P2 K1	ab
N3 P3 K1	ab
N1 P2 K1	abc
N1 P3 K2	abc
N2 P3 K2	abc
N2 P1 K2	abc
N1 P2 K2	abc
N2 P1 K1	abc
N1 P1 K2	abc
N3 P3 K2	bc
N1 P1 K1	bc
Testigo	c

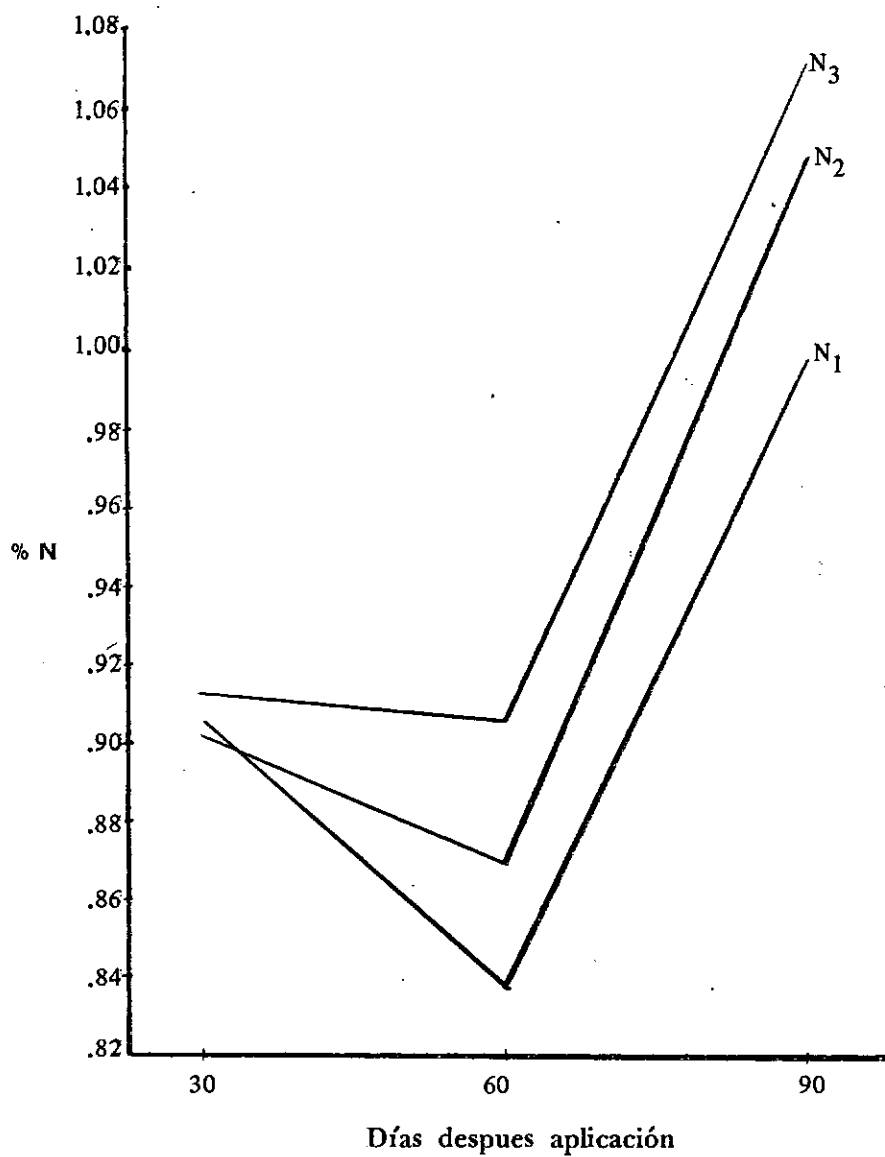


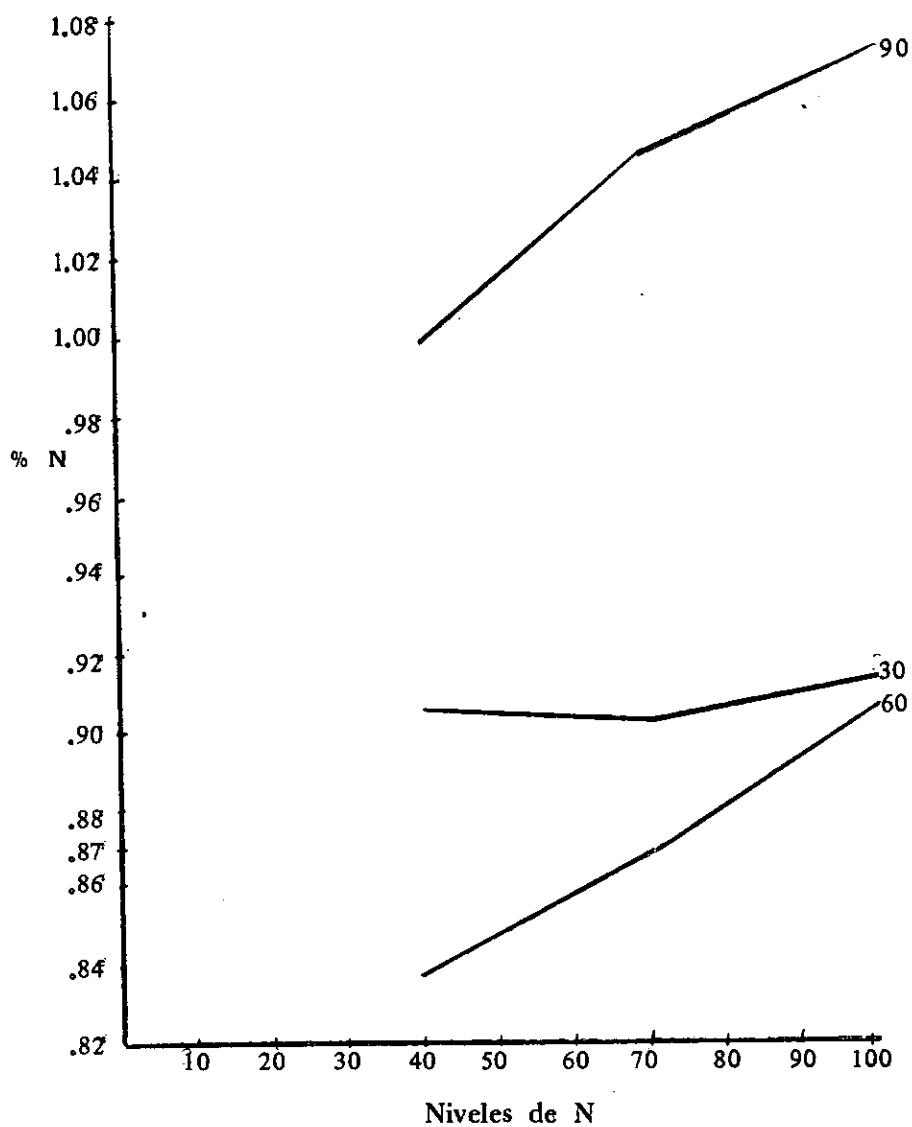


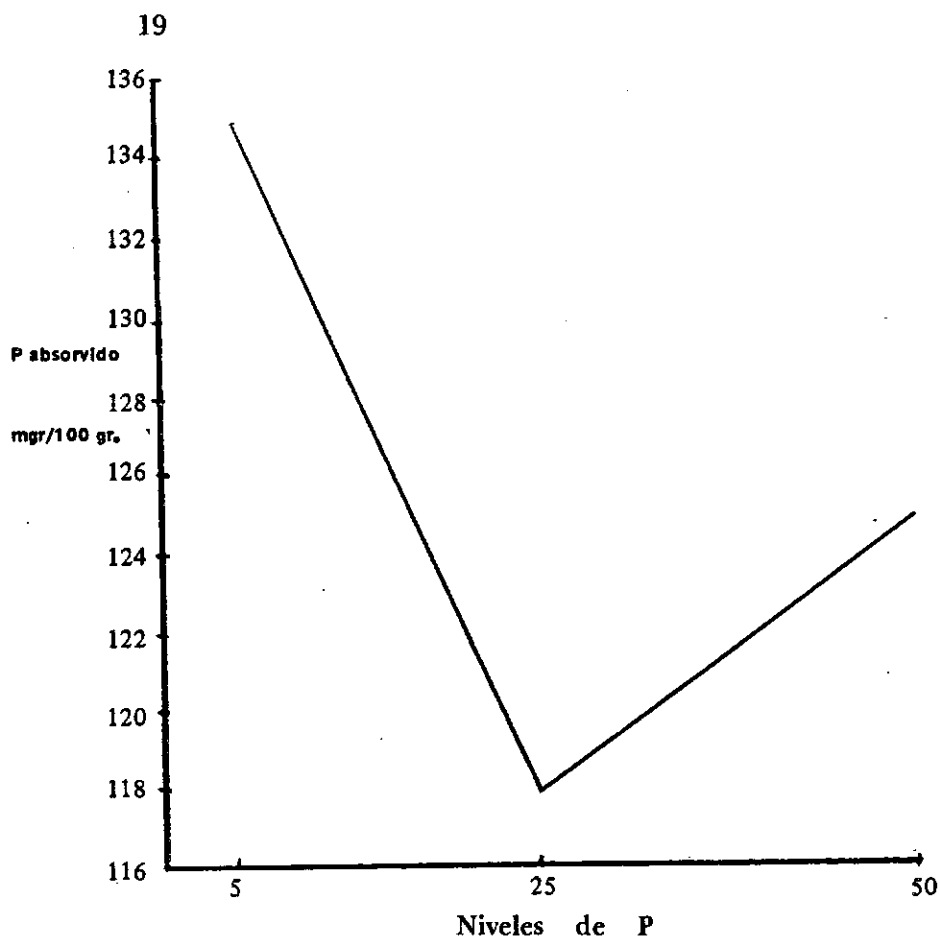


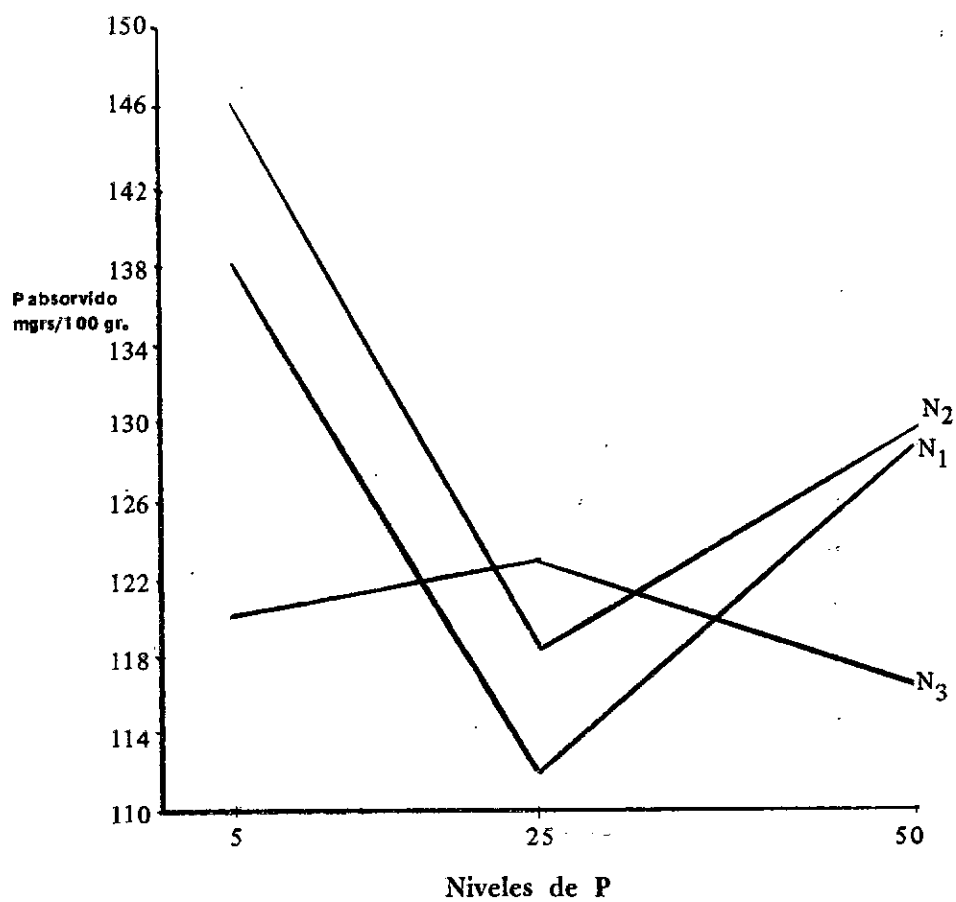


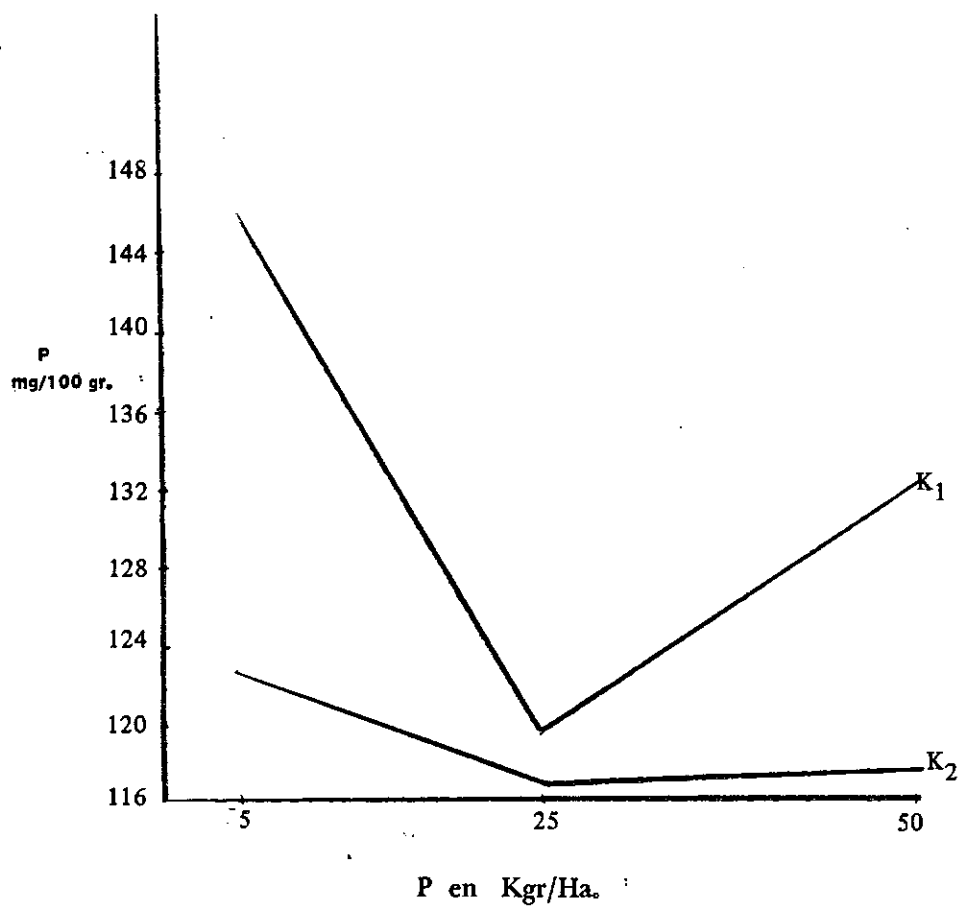
Absorción de N según niveles
de fósforo y potasio

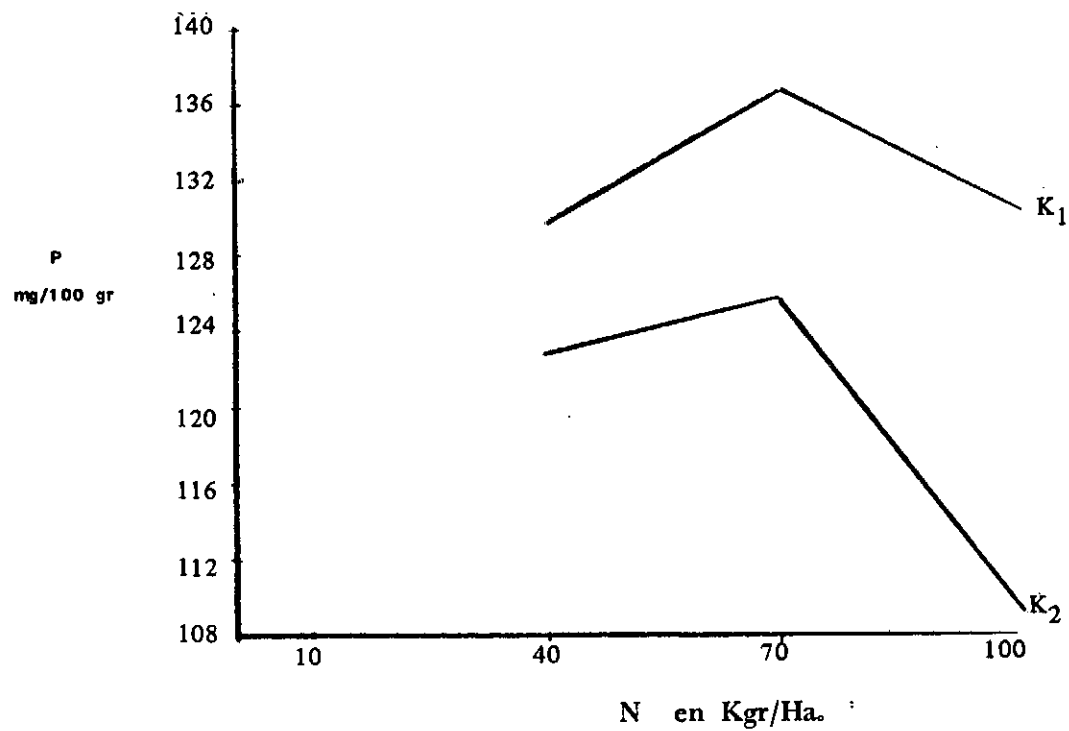


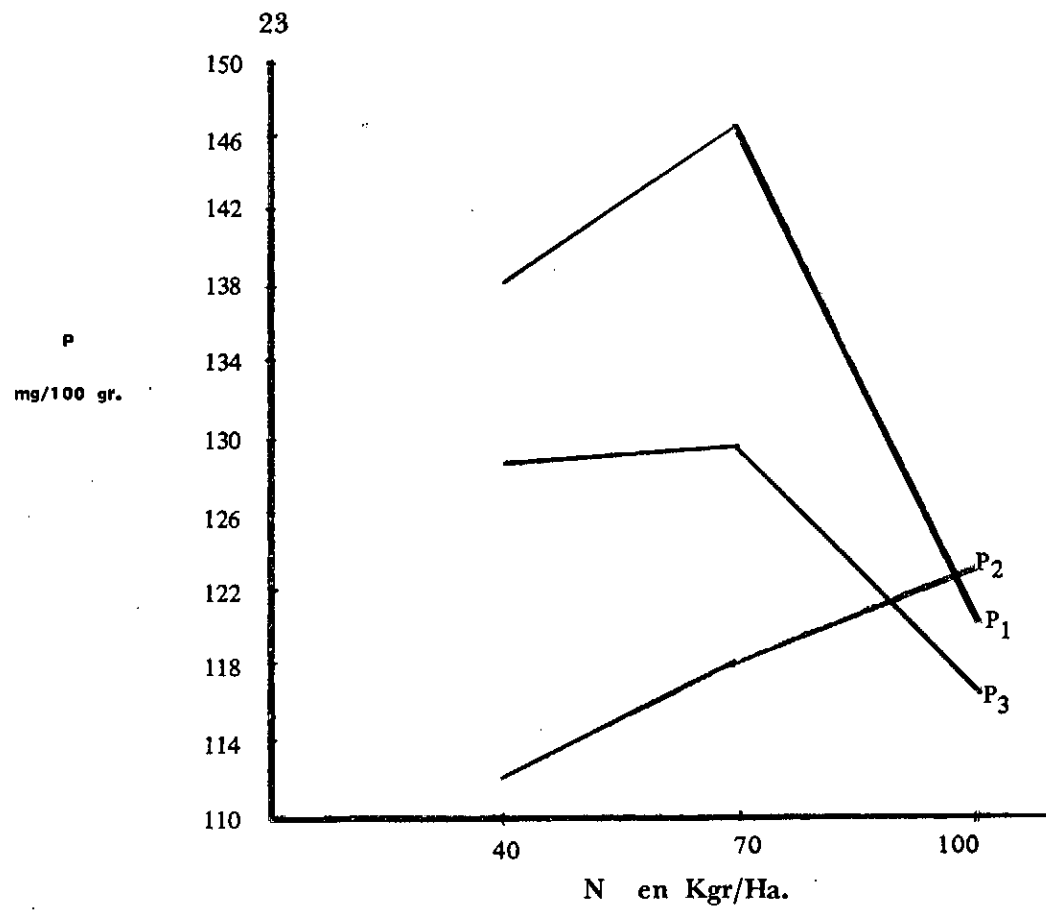


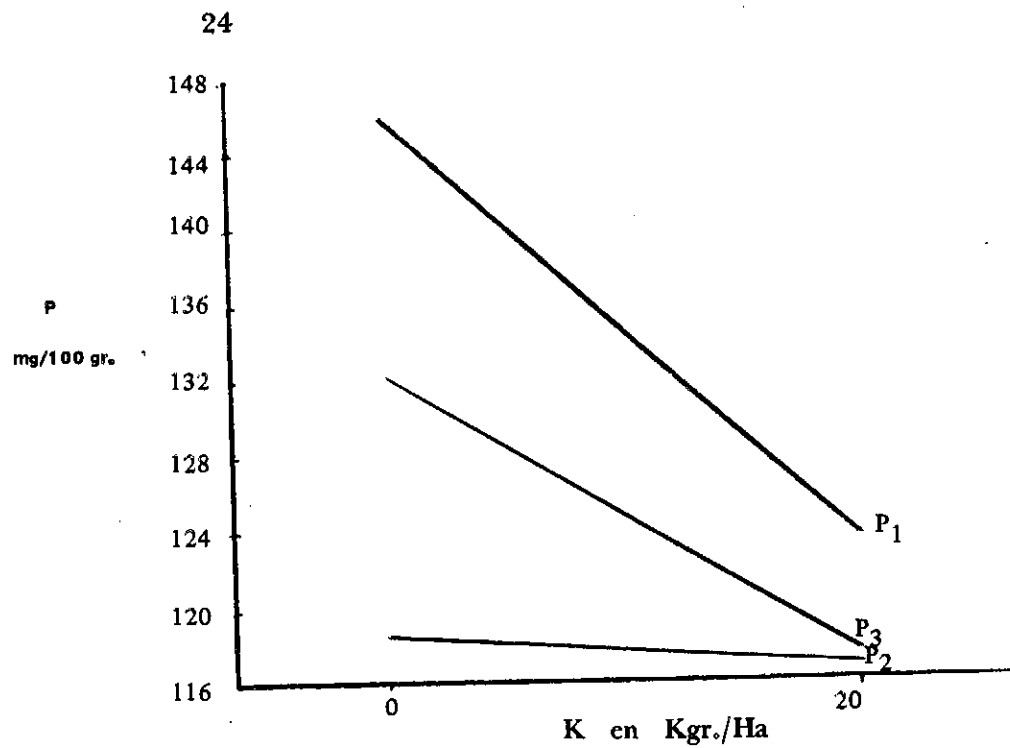


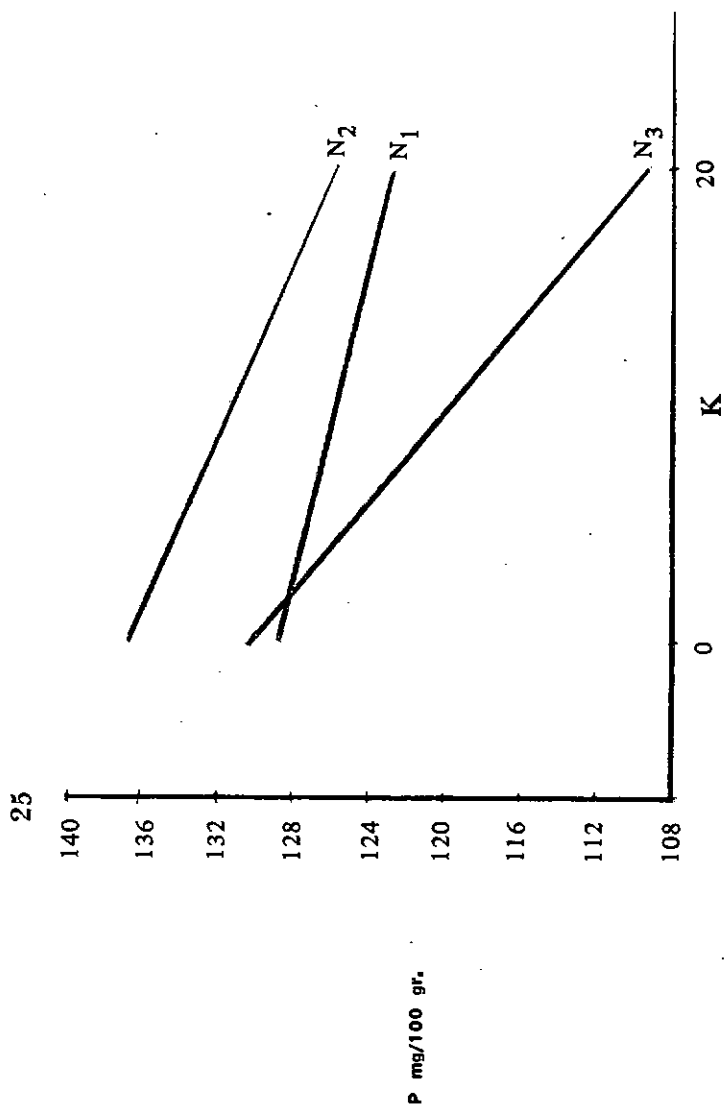


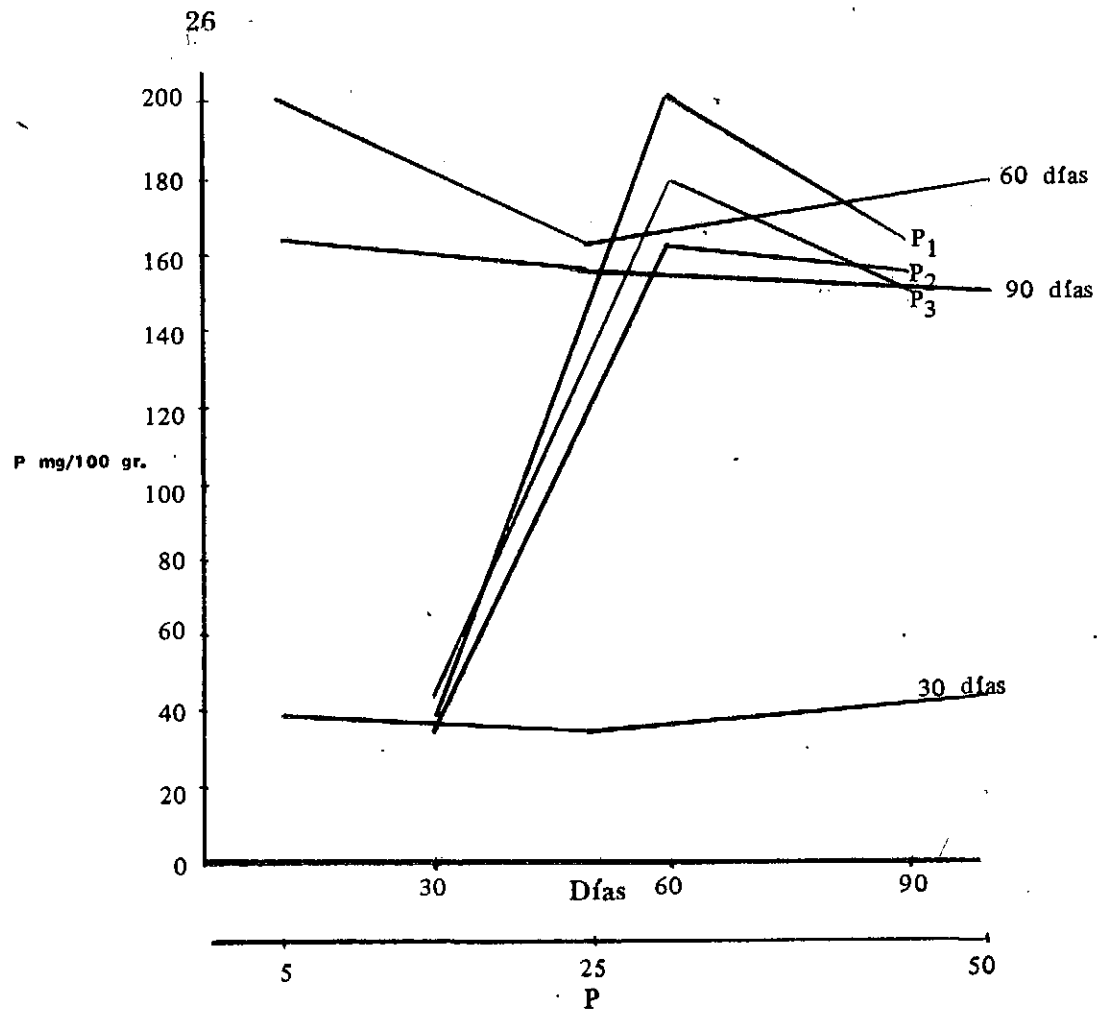












II. DISCUSION DE RESULTADOS

Antes de entrar a discutir los resultados obtenidos, es conveniente hacer ciertas observaciones que definitivamente influyen en los resultados que se reportan con anterioridad.

El primer punto a considerar es la metodología (revisar capítulo IV). Los resultados anteriores están directamente influenciados por ella, tanto la de muestreo, como la de extracción de nutrientes; es decir, los procedimientos químicos. Cuando se hable de concentraciones de nutrientes en la hoja, ésta se refiere a las concentraciones encontradas en las hojas llamadas activas y que fueron muestreadas entre las 5:00 y las 7:00 horas del día, bajo las condiciones de la región sujeta a experimentación; determinados por la metodología química descrita anteriormente.

Por otro lado, la inexperiencia en trabajos como éste en Guatemala y la poca información en lo que respecta a metodología de muestreo, motivó no tomar en cuenta que antes de hacer un trabajo de esta clase había que estandarizar la metodología, tanto de muestreo como de extracción de nutrientes.

Por último, el alto costo de la metodología de extracción limitó el trabajo a solamente 3 muestreos después de la aplicación de tratamientos y únicamente el material vegetativo ya indicado. Se tenía previsto llevar a cabo cuatro. A la postre, hizo falta éste, para poder determinar el comportamiento de los nutrientes durante más tiempo.

Sin embargo, la información obtenida concuerda con otros ensayos hechos en el mismo cultivo, lo cual nos permite discutir, concluir y recomendar usándola como valedera la información obtenida.

Los resultados que aparecen en la tabla No. 1

correspondiente al primer muestreo, ponen en evidencia la situación nutricional del cultivo, cuando éste presenta la sintomatología de deficiencias. Es decir, que los niveles de N y P, que son los deficientes, en un promedio de 0.78o/o de N, 0.076o/o de P, son los que se asocian a la sintomatología descrita con anterioridad.

Estos resultados comparados con los obtenidos en el suelo del cultivo investigado, demuestran que la sintomatología de deficiencias es debida precisamente a la poca concentración de los nutrientes en el suelo. El suelo presenta fuerte deficiencia de P con una media de 2.5 ppm., Una área extensa de la región muestra esa deficiencia, según análisis de suelos reportados recientemente (19).

En cuanto al K, antes de tratamientos, no presenta concentraciones bajas, ni síntomas de deficiencias. La mayor parte de suelos de la región tiene niveles adecuados de K con media de 228 ppm (19). El campo experimental reportó 190 ppm de K disponible, con 0.87 meq/100 gr de suelo, de K intercambiable; lo cual según Magistad (17), es muy adecuado. Esto se demuestra al encontrar alto contenido de K en las hojas con una media de 3.6o/o. Con las anteriores condiciones nutricionales de la planta y del suelo, se hizo la planificación y aplicación de los tratamientos descritas en la tabla No. 1. Es decir, que cada parcela experimental tuvo a disposición la dosis correspondiente más lo que contenía el suelo.

Al momento de hacer las aplicaciones, el cultivo recién terminaba de cosecharse. Esto señala, que el ensayo se inició con el principio de un nuevo ciclo del cultivo.

A los 30 días después de la aplicación, se efectuó el segundo muestreo, en la tabla No. 3 aparecen los resultados de N absorbido. Estadísticamente no hubo diferencia significativa en los tratamientos, observándose que todos se comportaron en forma

similar. En relación al N, hubo significancia únicamente en la interacción NP. Al aplicar la prueba de Tukey, el único tratamiento discriminado fue el N_3-P_3 (100-50 Kg/Ha) respectivamente, el resto de combinaciones de N y P se comportaron estadísticamente iguales (tabla No. 6).

Comparando los resultados con el testigo se nota un ligero incremento en la absorción. El Nivel N_3 que corresponde a 100 Kg/Ha es el que reportó mayor concentración en las hojas, con una media de 0.9137 o/o, seguido en orden descendente por el nivel de 40 Kg/Ha y 70 Kg/Ha.

Resulta evidente que el nivel alto de N, 100 Kg/Ha, con el nivel alto de P, 50 Kg/Ha, provoca una baja concentración de N absorbido en las hojas.

Esto confirma el antagonismo que existe en la absorción del N con respecto al P. La mejor absorción de N se obtuvo con el nivel P_1 (5 Kg/Ha) y el P_2 (25 Kg/Ha) combinado con N_3 (100 Kg/Ha). En lo que respecta a la interacción de K, en términos generales se absorbió más nitrógeno con la dosis N_3 (100 Kg/Ha) y la dosis K_1 (0 Kg/Ha). Las cantidades promedio absorbidas se muestran en la tabla No. 21.

Los resultados de P absorbido a los 30 días se muestran en la tabla No. 4. Estadísticamente no hubo diferencia significativa en los tratamientos. A pesar de ello, hubo un incremento general en la concentración de P en la hoja respecto a los testigos. Únicamente hubo significancia en la dosis de P y en la Interacción PK. Al aplicar la prueba de Tukey (tabla No. 7) sólo resultó diferente la dosis de P_3 (50 Kg/Ha) con la P_2 (25 Kg/Ha) siendo igual al comportamiento de la primera mencionada, con la P_1 (5 Kg/Ha). También resultan diferentes estadísticamente las dosis $P_3 K_1$ (50 Kg/Ha, 0 Kg/Ha) con $P_2 K_1$ (25 Kg/Ha de P y 0 Kg/Ha de K) e iguales al resto de combinaciones, como lo muestra la tabla No. 7. Las pruebas no

resultan contundentes en este período y no permiten hacer una buena discriminación aún.

En términos generales se absorbió más P con la dosis P_3 (50 Kg/Ha), pero con esta dosis se absorbió menos nitrógeno. Para el fósforo, a los 30 días, la combinación que se comportó mejor fue la de $P_3 N_2$ (50 Kg-70 Kg/Ha) seguida con muy poca diferencia, por la dosis $P_1 N_3$ (5 Kg-100 Kg/Ha), resulta nuevamente evidente el antagonismo de ambos nutrientes. Los niveles altos de P se ven favorecidos con niveles bajos de N, en lo que respecta a la absorción de P; pero no existe diferencia entre la combinación de niveles bajos de P y altos de N con respecto a la misma absorción de P. Esto se evidencia al comparar las medias de las dosis P_3 (50 Kg/Ha), 43.6691 mg de P/100 gr de hojas, con la dosis P_1 (5 Kg/Ha) 38.6944 mg de P/100 gr de hojas. La diferencia de medias es de 5 mg de P. Esto significa que al aumentar en 45 Kg/Ha de P, únicamente se tiene un incremento de 5 mg de P en las hojas.

En lo que respecta a la interacción de K con el P, nuevamente el nivel K_1 (0 Kg/Ha) se comportó mejor. La interacción NK, que permitió mejor absorción de P, fue con las combinaciones $N_3 K_1$ (100 Kg/Ha y 0 Kg/Ha).

Los resultados de la absorción de K se muestran en la tabla No. 5. Estadísticamente no hubo significancia en ningún aspecto. Aun el comportamiento de los testigos no resultó diferente con el de las dosis aplicadas.

Resulta interesante notar que al aplicar K bajó la absorción del mismo. Es decir, que las plantas que no recibieron sulfato de potasio absorbieron más K en términos generales. Esto es lógico, ya que el suelo tiene un contenido alto de K intercambiable. La dosis N_3 (100 Kg de N) provocó mayor absorción de K. Las dosis P_1 (5 Kg) y P_2 (50 Kg de P), también coadyuvieron a una mejor absorción de K; la combinación $N_3 P_3$

(100 Kg-50 Kg/Ha) reportó una concentración promedio de 2.60/o de K y la $N_3 P_1$ (100- 5 Kg/Ha) de 2.59696, nuevamente la diferencia entre P_1 y P_3 es demasiado poco como para optar al nivel P_3 .

Al momento de hacer el segundo muestreo el cultivo atravezaba por una etapa de crecimiento vegetativo, ya que se estaba preparando para el siguiente período de fructificación (14); ésto permite anotar que el elemento más demandado es el N. Tomando en cuenta los puntos de partida, es decir, los niveles obtenidos en el primer muestreo, es evidente el aumento en la concentración de N en la hoja, y casi nada de demanda de P. Esto resulta natural ya que el P aún no es utilizado por la planta, es más, con respecto al punto de partida, bajó la concentración en la hoja. Al tomar en cuenta las funciones del N, resultan lógicos los resultados.

En el tercer muestreo, estadísticamente no se encontró diferencia significativa en los tratamientos en ninguno de los 3 ANDEVA hechos a la absorción de N, P y K.

Sin embargo, con respecto al tiempo de absorción, hubo cambio en las concentraciones de N y P encontradas en las hojas. Las concentraciones de N bajaron con respecto a los 30 días después de los tratamientos. Tomando en cuenta que la planta está en un proceso vegetativo, este hecho pone en evidencia la necesidad de N en la planta, fenómeno explicado en la revisión de literatura. En el proceso de crecimiento vegetativo la demanda de N es alta. Este proceso dura aproximadamente 60 días después de iniciado el nuevo ciclo vegetativo. Durante el mismo la planta prepara su aparato fotosintético y estructural para el nuevo ciclo de floración que se aproxima. Prácticamente el único elemento fuertemente demandado es el Nitrógeno. El hecho de que las concentraciones de N encontradas a los 60 días sean menores que las encontradas a los 30 días después de los tratamientos, pone en evidencia que a los 60 días de crecimiento vegetativo es

cuando hay que aportar nitrógeno a la planta para que, este proceso no sea entorpecido, y así al final de cuentas redunde en una buena cosecha. De no ser así, se manifestarán las deficiencias de N.

Estadísticamente, sólo hubo significancia en los niveles de N y en las interacciones PK, como lo muestra el cuadro No. 12. Al aplicar la prueba Tukey a los niveles de N, el N₃ (100 Kg/Ha) fue diferente a N₁ (40 Kg) e igual a N₂ (70 Kg). Este último con comportamiento igual al nivel N₁ (40 Kg). Las diferencias en las medidas no resultaron contundentes. Es decir, que si N₃ es igual a N₂ y éste último igual a N₁ la discriminación que se hace no es altamente significativa. A pesar de que la interacción Pk resultó con significancia, no se pudo detectar diferencias en las medias, porque la Fc fue mayor a la Ft en 0.043, lo cual no dió margen para hacer discriminaciones.

Hasta este período los niveles que provocaron una mayor concentración de N en las hojas fueron los niveles N₃ (100 Kg/Ha) y N₂ (70 Kg/Ha) con una media de concentración en la hoja de 0.9064o/o y 0.8687o/o respectivamente. En combinaciones, la de N₃ P₃ (100 Kg-5 Kg/Ha) reportó 0.9312o/o seguida por la combinación N₃ P₁ (100 Kg-50 Kg/Ha) y N₁ P₃ (40 Kg-50 Kg/Ha) con 0.8880o/o y 0.8876o/o de N respectivamente. En combinaciones con el K el mejor nivel resultó ser el K₁ (0 Kg/Ha). Los niveles P₃ K₁ (50 Kg-0 Kg/Ha) provocaron una mayor concentración en las hojas con una media de 0.9223o/o de N.

Debe notarse que el nivel alto de N (100 Kg/Ha) con el nivel bajo de P (5 Kg/Ha), reportó la más alta concentración en la hoja de N y la más baja de P, detectándose nuevamente el antagonismo entre la absorción de N y P. (Gráfica No. 11).

En este período la concentración de N en las hojas bajó incluso, más allá del nivel crítico determinado, es decir 0.94o/o.

Esto significa que el suelo ya no fue capaz de dar suficiente N a la planta, a pesar de que los niveles 2 y 3 superaron al 1; sin embargo, estadísticamente no se detectó una diferencia contundente. Una deficiencia de N en este período influenciaría notablemente la floración y fructificación. D. Gause, Py y otros investigadores de la piña (6, 14) dicen que las aplicaciones de N antes de la floración deben ser suficientes y abastecer la demanda de la planta para lograr buenos resultados. Cabe la posibilidad de que el N aplicado no haya sido absorbido en su totalidad y que haya habido pérdidas en el suelo. Al respecto, G. Teiwes y Grüneber (17) reportaron que la urea se fermenta rápidamente en el suelo, lo cual podría transformarse en pérdida.

En Malaya (17) recomiendan una fertilización con urea de 105 Kg/Ha para una densidad de 18,000 plantas por hectárea, lo cual se aproxima al N₃ (100 Kg/Ha) planteado aquí. Otro ejemplo de niveles parecidos lo reporta Vasconcelos en Brasil (17) donde un nivel de 120 Kg de N/Ha combinado con 120 Kg de K/Ha llevaron a una buena producción. En general el comportamiento de los niveles de N se muestran en la gráfica No. 2.

En lo que respecta al fósforo absorbido a los 60 días no hubo ninguna diferencia significativa, tal como lo muestra el cuadro No. 13. Esto implica que todos los tratamientos y niveles tuvieron igual comportamiento. Es notable el incremento de P en las hojas, comparado con las concentraciones encontradas a los 30 días; nuevamente el nivel P₁ (5 Kg/Ha) reportó mayor concentración en las hojas con una media de 201.874 mg de P/100 gr de hojas secas. Igualmente se detecta el antagonismo de N y P. La tabla No. 10 muestra las medias de las concentraciones de P con respecto a N, K y NK. Se absorbió más P con los niveles bajos de N; el nivel N₃ P₁ (100 Kg-5 Kg/Ha) es la concentración más baja de P.

El ascenso de la concentración de P en las hojas es consecuencia de la época de floración. En este proceso el P

desempeña un papel fundamental. Por esa razón se acelera la absorción del mismo. En el ciclo de crecimiento vegetativo casi no existe demanda de P, razón por la que su concentración en la hoja es baja. Cuando se acerca el período de floración que es cuando interviene en mayor grado, es cuando se absorbe bastante. Es el momento en que el aprovisionamiento de P debe haber sido adecuado. Incluso los testigos aumentaron su concentración aunque no igual a la de las plantas tratadas. En este momento el nitrógeno va a ser menos demandado. El comportamiento de los niveles de P a los 60 días se muestra en la gráfica No. 5.

En lo que respecta al K no hay mucho que decir ya que estadísticamente no presentó significancia. Respecto a los 30 días, aumentó de una media de 2.49o/o a 2.67o/o de K en las hojas, habiéndose comportado mejor el nivel K_1 (0 Kg/Ha). Las medias de absorción se muestran en la tabla No. 11. La gráfica No. 8 muestra el comportamiento de los niveles aplicados de K a los 60 días.

A los 90 días después de aplicar tratamientos, los resultados de las concentraciones de N, P y K se muestran en las tablas No. 15, 16, 17. El ANDEVA se muestra en la tabla No. 18, 19 y 20. Nuevamente no existió diferencia significativa en los tratamientos.

Para este período, las plantas han pasado el período de floración; nuevamente el N será requerido para los procesos siguientes. El más importante de ellos es el desarrollo del fruto. Es por eso que en muchos países se recomienda aplicar N cada tres meses (6, 14, 17). En este momento la concentración de N aumenta en la hoja, aunque lo más probable es que este aumento se deba a translocaciones de N de las hojas más viejas a las activas, lo cual es bastante común en el nitrógeno, cuando es demandado y no hay reservas en el suelo (4). Las medias de concentración de N se muestran en la tabla No. 15. Respecto a los niveles de P y K; nuevamente los niveles N_2 (70 Kg/Ha) y

N_3 (100 Kg/Ha) reportaron mejor comportamiento. Estos niveles estuvieron más altos en el suelo lo cual provocó una mayor disponibilidad para la planta. Esta al requerir más N lo tenía almacenado en mayor cantidad que las plantas que se les trató con el nivel 1 (40 Kg/Ha). El nivel de P que mejor dejó absorber N fue el P_2 (25 Kg/Ha) seguido del P_1 (5 Kg/Ha). La combinación $N_3 P_1$ (100 Kg-5 Kg/Ha) y la $N_2 P_2$ (70 Kg-25 Kg/Ha) fueron las más altas en cuanto a concentración de N en la hoja. El antagonismo N P sigue, ya que del nivel N_3 (100 Kg/Ha) se absorbió menos, cuando estuvo combinado con el P_3 (50 Kg/Ha); lo mismo sucedió con respecto a la absorción de P (tablas No. 21, 22). Con la combinación $N_3 P_3$ (100 Kg-50 Kg/Ha) se absorbió menos fósforo, incluso, menos que cuando se aplicó el nivel P_2 (25 Kg/Ha), y P_1 (5 Kg/Ha).

En lo que respecta al K, el nivel K_1 (0 Kg/Ha) siguió siendo el que mejor se comportó.

Este es el momento o antes, de dar una nueva dosis de N para evitar que aparezcan los síntomas de deficiencias. Vale la pena mencionar que en los 90 días anteriores no se marcó una deficiencia de N en las hojas nuevas. El color de ellas fue más intenso en el período de crecimiento vegetativo. Esto porque fue un período de fuerte demanda de N, habiéndose concentrado bien en las hojas.

En lo que respecta al P absorbido a los 90 días sólo se detectaron diferencias significativas en las dosis de N y K respecto de la absorción de P. Al aplicarles la prueba de Tukey, el nivel que reportó mejor absorción de P fue el N_2 (70 Kg/Ha) seguido de N_3 (100 Kg/Ha) combinado con P_1 (5 Kg/Ha) y P_2 (25 Kg/Ha), tal como lo muestra la tabla No. 16. El nivel N_3 (100 Kg/Ha) combinado con P_3 (50 Kg/Ha) fue el que menos cantidad de P reportó en las hojas.

Para este período la planta ha superado el de floración,

los frutos ya están cuajados. Por eso es que las concentraciones de P bajan con respecto a las encontradas a los 60 días. La diferencia entre las concentraciones a los 90 y a los 60 días resultó significativa. Este descenso en la concentración de P en las hojas se debe a que fue utilizado en todo el proceso de floración; ahora ya concluido el mismo la demanda de P es mínima, de tal manera que aún en suelos deficientes en él; se logra obtener producción (6,14,17).

La piña precisa de muy poco fósforo, lo cual se observa en los resultados de absorción. A pesar de que el nivel P_1 (5 Kg/Ha) y P_3 (50 Kg/Ha) varían en 45 Kg/Ha de P aplicados, la diferencia en cuanto a absorción es mínima, acusando mayor absorción el nivel P_1 (5 Kg/Ha) como lo muestra el cuadro de medias del análisis combinado (No. 25). A pesar de que la planta tuvo mayor concentración a disposición, al aplicar el nivel P_3 (50 Kg/Ha), éste no superó en absorción al P_1 (5 Kg/Ha). En algunos ensayos se reportó que el fósforo no redundaba en el aumento de producción (6,12,14,17), cuando se aplica en niveles superiores al de 60 Kg/Ha.

El K absorbido a los 90 días mostró un ligero ascenso con respecto al absorbido a los 60 días. Aunque los tratamientos no mostraron significancia. Es más, el nivel K_1 (0 Kg/Ha) dejó que la planta absorbiera más potasio. En términos generales la concentración de K aumentó de 2.67o/o a 3.03o/o en promedio. Aun los testigos reportaron un promedio de 3.04o/o de K en sus hojas. Esto pone de manifiesto que, en condiciones como las de ese suelo, no existe respuesta al sulfato de potasio. En primer lugar, ya se mencionó la disponibilidad del suelo, y luego, pudiera ser, que en esas condiciones los suelos no respondan a la fertilización potásica o en última instancia que el K, en forma de sulfato, no pueda competir con la forma en que esté en el suelo; aunque Sideris, Young y Su (17) reportaron un ensayo en el cual este fertilizante redundó en una mejor producción en comparación con el cloruro de potasio, ya que el ión cloro

interfiere en la absorción de K.

En vista de que estadísticamente no se logró obtener significancia en los tratamientos, en ninguna de las tres épocas de muestreo, se planteó un análisis combinado que se presenta en los cuadros No. 24 y 25. Al K no se le hizo este análisis, por no presentar ningún tipo de significancia, como ya se discutió antes, éstos muestran el comportamiento durante los 90 días. Con esto se pretende ver si usando la variable tiempo va a existir significancia en los tratamientos. Pero no fue así. Es notable que faltó seguir muestreando a los 120 días para ver como se comportaban las concentraciones. Desafortunadamente, por lo caro de la metodología no se logró llevar a cabo.

En los ANDEVA practicados a la absorción total de N, resultó significancia en las dosis de N, interacción NP y en las épocas de muestreo. Al aplicarles la prueba de Tukey, las dosis de N que se comportaron mejor fueron la N₃ (100 Kg/Ha) y la N₂ (70 Kg/Ha), pero la N₂ (70 Kg/Ha) fue igual que la dosis N₁ (50 Kg/Ha). (tabla No. 24).

La dosis N₃ (100 Kg/Ha) reportó una concentración promedio durante los 90 días de 0.9639o/o, la N₂ (70 Kg/Ha) 0.9396o/o y la N₁ (40 Kg/Ha) 0.9146o/o (tabla No. 26). De la interacción NP, la combinación N₃ P₁ (100 Kg-5 Kg/Ha) resultó superior a la N₁ P₁ (70 Kg-5 Kg/Ha), N₃ P₃ (100 Kg-50 Kg/Ha) y N₂ P₁ (70 Kg 5 Kg/Ha), e igual al resto de combinaciones posibles (tabla No. 24). Se observa que la dosis alta de nitrógeno (100 Kg/Ha) con la dosis baja de P (5 Kg/Ha) son la mejor combinación que permite una absorción de N con una media de 1.0085o/o. Estadísticamente resultó igual a las combinaciones N₁ P₃ (70 Kg-50 Kg/Ha) y N₁ P₂ (70 Kg-25 Kg/Ha). Aunque éstas con una media menor (cuadro No. 26).

Al aplicar la prueba de Tukey a las épocas de muestreo, se detectó diferencia en la absorción a los 90 días siendo

estadísticamente iguales, las absorciones encontradas a los 30 y 60 días. Si la absorción fue mayor a los 90 días fue porque en ese momento la planta no había utilizado mucho N, debido al proceso de floración, para el cual necesitó más fósforo. Es decir, que en el período 60-90 días se utilizó más el P que el N; éste último, se acumuló en las hojas (gráfica No. 17). Para el siguiente proceso, que es el desarrollo del fruto, será necesario un buen aprovisionamiento de N. Este fenómeno por medio del cual aumentó la concentración de N en la hoja es similar al caso del fósforo, que a los 60 días había aumentado bastante en comparación con las absorciones encontradas a los 30 días (gráfica No. 26). La piña cuando va a hacer uso de un nutriente tiende a absorberlo o traslocarlo en grandes cantidades (de acuerdo a su disponibilidad) a las hojas activas, que son las que construyen dentro de ella.

Sin embargo, de acuerdo a las características de la urea y de otros ensayos (6, 17), ésta se fermenta rápidamente en el suelo y es fácil de que la planta la absorba, pero no tarda mucho tiempo ahí, ésta se lixivia igualmente rápido. En base a eso se plantea que el aumento de la concentración de N a los 90 días se debe a traslocación (4), y acumulación por el poco uso en este período.

Esto no ocurre con el fósforo, ya que, en primer lugar la piña lo demanda poco y la movilidad de éste en el suelo es lenta. Algunos recomiendan la fertilización fosfórica, incluso, al inicio de la plantación y no más (6,14). De ahí que se haya sentido la necesidad de otro muestreo.

En general, el análisis combinado permitió construir los cuadros de medias No. 26, 27, y 28 con lo cual se construyeron las gráficas No. 10 a la 26. Ellas muestran el comportamiento de los niveles de N con respecto al tiempo, niveles de P y niveles de K. Muchas de las observaciones mencionadas antes, se pueden comprender en estas gráficas, como el antagonismo de N y P.

mostrado en las gráficas No. 11 y 14. La absorción de N tiende a ser menor conforme la dosis de P es más alta. El comportamiento de K respecto a la absorción de N (gráfica No. 12 y 13) demuestran que las dosis altas de P (50 Kg/Ha) en combinación con K_2 (20 Kg/Ha) bajan la absorción de N. Sin embargo, el nivel N_2 (70 Kg/Ha) presenta un ligero ascenso en la absorción en combinación de K_2 (20 Kg/Ha). El efecto de las dosis de K se representan en las gráficas No. 14 y 15. El nivel K_1 (0 Kg/Ha) reportó mayor concentración en las hojas cuando se combinó con N_3 (100 Kg/Ha); igualmente la concentración de K en las hojas fue mayor con esta combinación como muestra la gráfica No. 7.

La absorción de N en las hojas activas es ascendente en combinación con P_1 y P_2 (5 y 25 Kg/Ha de P) y N_1 N_2 (40–70 Kg/Ha de N). Al aplicar N_3 (100 Kg/Ha) con P_2 (25 Kg/Ha) ésta descende ligeramente.

En general, la concentración de N en las hojas aumentó en una forma lineal al igual que las dosis (gráfica No. 10), durante los 90 días. El comportamiento respecto al tiempo se muestra en la gráfica No. 17 y 18. Los niveles N_2 (70 Kg/Ha) y N_3 (100 Kg/Ha) mostraron mayor concentración en la hoja.

En el análisis combinado de P, (cuadro No. 25) sólo resultó significancia en las dosis de K y los ciclos de muestreo. Al aplicar la prueba de Tukey la dosis K_1 , (0 Kg/Ha) resultó de mejor comportamiento que la dosis K_2 (20 Kg/Ha). La prueba de Tukey para los ciclos de muestreo demostró que la absorción de P fue diferente en cada época. De 0 a 30 días no hubo demanda, de 30 a 60 días subió la concentración debido a la época de floración y de 60 a 90 días bajó, al haber cumplido sus funciones (gráfica No. 26).

Estadísticamente las dosis de P no resultaron diferentes; es decir, que es igual aplicar 5, 25 o 50 Kg de P/Ha en lo que

respecta a absorción. Sin embargo, existe ligera diferencia entre los niveles. Al aplicar la dosis N_1 (40 Kg/Ha) o N_2 (70 Kg/Ha), los tres niveles de P tuvieron un comportamiento ascendente en la concentración en las hojas. Pero al seguir aumentando la dosis de N el único nivel de P que siguió el mismo comportamiento fue el P_2 (25 Kg/Ha). El nivel P_1 (5 Kg/Ha) al combinarlo con dosis de N_1 a N_2 (40 a 70 Kg/Ha) fue el que mejor se concentró en las hojas, pero al subir N de 70 a 100 Kg/Ha descendió su absorción. Lo mismo sucede con el nivel 3 (gráfica No. 23). Las dosis de N mejor absorbidas fueron las N_2 (70 Kg/Ha) a N_3 (100 Kg/Ha). Aquí el P que mejor se absorbió fue en dosis de P_1 a P_2 (5 a 25 Kg/Ha).

Debe tomarse muy en cuenta el ya recalcado hecho antagónico entre N y P. Aunque se apliquen niveles de P mayores a 25 Kg son absorbidos, incluso, menos que al aplicar sólo 5 Kg. Al subir la dosis de P desciende la concentración del mismo en la hoja, es decir, que no es absorbido; es más, se entorpece este proceso. Este hecho debe tomarse en cuenta cuando se programa fertilización en piña en suelos con altas disponibilidad de éste, ya que aunque esté presente con dosis altas de N puede no ser absorbido y presentar síntomas de deficiencias en las hojas.

De acuerdo a la gráfica No. 20, con alto contenido de P, las dosis bajas de N funcionan mejor. La gráfica No. 24 muestra que P_1 (5 Kg/Ha) y P_3 (50 Kg/Ha) se comportaron mejor que P_2 (25 Kg/Ha) cuando se combinaron con K_2 (20 Kg/Ha); nuevamente es evidente que el nivel K_1 (0 Kg/Ha) permitió mejor absorción de P. La gráfica No. 25 muestra que la absorción de P se ve afectada con el nivel alto de N (100 Kg/Ha) combinado con K_2 (20 Kg/Ha). Es decir que N_2 (70 Kg/Ha) y N_3 (100 Kg/Ha) dejan absorber más P con K_1 (0 Kg/Ha).

Las gráficas No. 21 y 22 nuevamente demuestran que K_1 (0 Kg/Ha) es mejor que K_2 (20 Kg/Ha) en cuanto a absorción de

P combinándose con P_1 y P_2 (5 y 25 Kg/Ha). En el intervalo de 70 a 100 Kg de N el fósforo, en general, baja su absorción aunque, como ya se mencionó, el nivel P_2 (25 Kg/Ha) se mantiene en ascenso (gráfica No. 23). Los niveles N_1 (40 Kg/Ha) y N_2 (70 Kg/Ha) permiten mayor absorción de P, aunque el nivel N_3 (100 Kg/Ha) combinado con P_2 (25 Kg/Ha) reportó más absorción que las combinaciones de este nivel con N_1 y N_2 (40 y 70 Kg/Ha).

En cuanto al tiempo se absorbió más fósforo a los 60 días, siendo el nivel P_1 (5 Kg/Ha) que se concentró más en la hoja, seguido del nivel P_3 (50 Kg/Ha) y P_2 (25 Kg/Ha) con muy poca diferencia.

En lo que respecta al comportamiento general de K al no existir significancia entre tratamientos ni dosis implica que el nivel K_1 (0 Kg/Ha) y K_2 (20 Kg/Ha) son estadísticamente iguales. Sin embargo, el nivel K_1 (0 Kg/Ha) reportó mayor concentración en la hoja.

Al observar los cuadros de medias de concentración de K se detecta lo demostrado por Dunsmore (17) en el sentido de que el fósforo fomenta la asimilación de K. El nivel P_3 (50 Kg/Ha) en combinación con el nivel K_2 (20 Kg/Ha) reportó mayor concentración de K con una media de 2.79o/o, seguida por el nivel $P_3 K_1$ (50-0 Kg/Ha) con una media de 2.76o/o (cuadro No. 26).

Con respecto al tiempo, durante los 90 días que duró el ensayo hubo una acumulación de K en la hoja. A los 60 días la concentración de K aumentó en 7o/o respecto a los 30 días. A los 90 días aumentó en 13.81o/o respecto a los 60 días. Es decir que de 30 a 90 días aumentó 21o/o en su concentración. Esto porque el K es utilizado a partir de la floración hasta que el fruto está para cosecharse, ya que influye en el peso, hasta cierta cantidad, y luego sólo mejora calidad.

II.1: DETERMINACIÓN DE NIVELES CRÍTICOS

Para poder determinarlos se procedió a hacer un ANDEVA incluyendo a los testigos. El criterio que se usó para determinar el nivel crítico, fue el de aplicar la prueba de Tukey a los tratamientos, cuando hubo significancia. Así, el último de los tratamientos, ordenados descendientemente, que fuera diferente al testigo se tomó como nivel crítico. La tabla No. 21 y 29 muestran los tratamientos ordenados de mayor a menor.

Aplicando el anterior criterio, la media del nivel $N_3 P_3 K_1$ (100-50-0 Kg/Ha). es el nivel crítico de la concentración de N en la hoja, bajo el cual, la planta estaría deficiente en él. Es decir, la media 0.9409o/o de N. El tratamiento que ya se comportó igual al testigo fue el $N_1 P_2 K_1$ (40-25-0 Kg/Ha) con una media de absorción de 0.9352o/o.

Para el fósforo no fue posible determinar el nivel crítico porque no hubo significancia en los tratamientos al hacer el ANDEVA, incluyendo al testigo. La razón podría ser que el contenido de P en la hoja varía muy poco, debido también a que no es muy demandado, más que en un período del ciclo de crecimiento. Además, las unidades están expresadas en mgr/100 gr; al transformar esto a porcentaje, las diferencias de medias son muy pequeñas. Esto no permite encontrar diferencias estadísticamente hablando.

En algunos casos, incluso, el testigo se comportó igual o superior que algunos tratamientos. Por otro lado la metodología química de extracción, pudo haber influido en algunas extracciones, por ser muy delicadas en su uso. Sin embargo, de acuerdo con Samuels (14) quien afirma que con 0.09o/o de P en base seca para el total de la hoja se obtiene buen rendimiento, el mencionado porcentaje fue superado notablemente en los días de floración (60 días).

Este porcentaje equivale a 90 mg/100 gr de muestra seca y en la época de 60 días, la media de mayor absorción fue de 247.134 mg/100 gr, lograda con el nivel de 40 Kg de N y 0 Kg de K en combinación de 5 Kg de P/Ha ($N_1 P_1 K_1$). En combinaciones con los dos mejores niveles de N, a los 60 días, la concentración en la hoja siempre fue superior al 0.09o/o de P reportando medias de 238.933-108.307 mg/100 gr de hojas secas, para el nivel P_1 (5 Kg/Ha); y de 148.453-166.456 mg de P/100 gr de hoja para el nivel de P_2 (25 Kg/Ha). Basado en lo anterior la planta está bajo el nivel crítico en el período de 0 a 30 días después de iniciado el nuevo ciclo de producción. Pero aquí el P no es muy utilizado.

Para el K tampoco fue posible determinar su nivel crítico, ya que la disponibilidad del mismo en el suelo es bastante adecuada, lo que no permitió obtener resultados bajo un déficit de K. De acuerdo con Nightingale y Samuels (17) la concentración de K encontrada en las hojas está en condiciones adecuadas; de tal manera que este nutriente no es un factor limitante para la producción. Ambos autores mencionan como nivel adecuado en la hoja un promedio de 3o/o de K cuando la planta va a fructificar. Este nivel se encontró a partir de los 90 días. La concentración de K aumenta según sea demandado es por ello que ésta se incrementó en un 21o/o en los 90 días. Incluso el testigo reportó concentraciones promedio de 2.90o/o, lo que confirma la disponibilidad de K en el suelo.

III. CONCLUSIONES

Como se mencionó en la discusión de resultados estadísticamente no se pudo llegar a conclusiones contundentes. Sin embargo, basados en la revisión de literatura en la que se incluye el comportamiento de los nutrientes, sus funciones en la fisiología de la piña, podemos obtener algunas conclusiones, además de las gráficas que muestran el comportamiento de los niveles y su interacción.

- 1) Lo que pudo influir en que la estadística no resultara un arma contundente para concluir, fue el rango utilizado para los niveles de los nutrientes. Es decir que se debió haber incluido el nivel 0 y niveles exageradamente más amplios para estudiar su comportamiento; esto especialmente para el N. Además, también influyó la variabilidad intrínseca del material experimental con respecto a las variables respuestas evaluadas.
- 2) Se hace palpable la necesidad de estudiar por más tiempo la absorción. La planta al tener disponibilidad de nutrientes reaccionó igual en todos los tratamientos, máxime por estar deficiente en ellos. De ahí que la conclusión anterior pueda ser valedera (conclusión No. 1).
- 3) La metodología empleada, sí es un buen instrumento para discriminar niveles. A pesar de que no se tenía experiencia en trabajos similares y lo apuntado en las conclusiones 1 y 2, se pudo discriminar algunos niveles, determinar épocas de aplicación y el nivel crítico de concentración en la hoja.
- 4) Esta metodología no permite obtener correlaciones entre los niveles de NPK en la hoja y la producción, si no se lleva hasta la cosecha del cultivo. Sólo así se podrá asociar la concentración de niveles en las hojas a determinada

producción.

- 5) La absorción de N es ascendente en proporción a los niveles aplicados. Esto pone en evidencia la necesidad de evaluar un nivel más alto de N, para determinar su comportamiento. La absorción de P fue mejor que en el nivel más bajo (5 Kg/Ha), aunque en combinaciones con los mejores niveles de N, el P₂ (25 Kg/Ha) dió buenos resultados.
- 6) Los niveles de K evaluados presentan un comportamiento contrario al N; al aplicar sulfato de potasio la absorción descendió. El suelo descrito en la metodología no responde a niveles de 20 Kg/Ha.
- 7) Las concentraciones de nutrientes en las hojas dependen del período por el cual atravieza la planta. Aumentan cuando son requeridos y disminuyen cuando no lo son, o cuando se van agotando. En tal sentido se observa la demanda de N de los 0 a los 60 días después de terminar un ciclo de cosecha, debido al crecimiento vegetativo; el P es concentrado en mayor cantidad en la época de floración (60 días). El N se acumuló a los 30 y 90 días en períodos en que su utilización sería mayor, tanto para el crecimiento vegetativo como para la formación del fruto, respectivamente. Este comportamiento se pudo observar en las hojas activas de la piña.
- 8) La sintomatología de deficiencias nutricionales se corrige con los niveles de 70 a 100 Kg/Ha de N en una forma más visible que con el de 40 Kg/Ha, en combinación con los 3 niveles de fósforo. Durante los 90 días de observaciones las hojas nuevas no mostraron deficiencia de N, aunque las parcelas que recibieron 70-100 Kg/Ha de N presentaron coloraciones verde más oscuras que las parcelas que sólo recibieron 40 Kg/Ha. La deficiencia de P no se hizo visible.

- 9) El mejor comportamiento de N fue mostrado por los niveles N_2 (70 Kg/Ha) y N_3 (100 Kg/Ha), P_2 (25 Kg/Ha) y P_1 (5 Kg/Ha), y K_1 (0 Kg/Ha) en cuanto a absorción durante el tiempo que duró la experimentación.
- 10) Basándose en la absorción, la piña responde mejor a niveles bajos de nutrientes con intervalos de aplicación frecuentes, que a niveles elevados con intervalos de aplicación más grandes según la absorción observada con respecto al tiempo.
- 11) El nivel crítico de concentración de N en la hoja para la variedad Cayenne lisa, bajo condiciones en la metodología, fue de 0.94o/o de N en las hojas activas. Este nivel es superado únicamente cuando se aplica la dosis de 100 Kg/Ha en combinación de 5 ó 25 Kg/Ha de P y la de 70 Kg/Ha de N con 25 Kg/Ha de P. Tomando en cuenta el nivel crítico, la demanda de N ocurre entre los 0 y 60 días del nuevo ciclo de cosecha, ya que durante ese tiempo la planta siempre presentó niveles promedio más bajos que el crítico.
- 12) En general, la piña responde bien a la fertilización ya que todos los niveles provocaron una mayor absorción de nutrientes en comparación con la de los testigos, principalmente la fertilización nitrogenada. La fosfórica, en vista de que se demanda poco, responde bien a niveles bajos.

IV. RECOMENDACIONES

- 1) Continuar con el estudio de nutrición mineral de la piña, evaluando los niveles que aquí se proponen, incluso en condiciones de suelo diferentes a las que se tuvieron para el presente ensayo.
- 2) Antes de evaluar niveles de nutrientes en cualquier clase de cultivo, debería hacerse un estudio previo como éste, del cual resulten los niveles a evaluar hasta la producción. Con esto se pretende tener más bases científicas en los programas de nutrición mineral.
- 3) Para poder hacer recomendaciones de fertilización en base a análisis foliar, se recomienda aplicar la metodología descrita en este trabajo, aplicando los niveles de nutrientes que resulten de otro trabajo similar, con la variante de hacer análisis a lo largo de todo el ciclo de producción. Además, repetir por dos o tres años el mismo ensayo para construir gráficas estandarizadas.
- 4) En vista de que el mejor comportamiento se obtuvo con los tratamientos N_2 (70 Kg/Ha.); N_3 (100 Kg/Ha); P_1 (5 Kg/Ha); y de P_2 (25 Kg/Ha), se recomienda evaluar estos niveles en función de la producción. Pero en vista de que los niveles de N evaluados mostraron un comportamiento ascendente en cuanto a absorción, significa que aún responde a niveles mayores; por lo tanto se sugiere incluir el nivel de 130 Kg/Ha para evaluarlo con los anteriores.
- 5) Tomando en cuenta que el N es más demandado entre los 0 y 60 días y el P se necesita entre los 60 y 90 días, se recomienda hacer las aplicaciones de los anteriores niveles en dos épocas: A los 0 días y a 70-75 días del nuevo ciclo de producción.

- 6) En las condiciones edáficas y climáticas en las que se realizó el ensayo, se recomienda no aplicar niveles mayores de 25 Kg/Ha de P porque interfieren en la absorción del nitrógeno; además son absorbidos en igual cantidad que los niveles inferiores a éste, incluso, se absorben menos. Esto lo demuestra la absorción de P_1 (5 Kg/Ha) con el de P_3 (50 Kg/Ha). En forma similar ocurre al aplicar niveles altos de N con bajos de P, los cuales interfieren en la absorción de este último, por lo que deben evitarse. Si se aplican 100 a 130 Kg/Ha de N se combinarán con 25 Kg/Ha de P; si se aplican 70 Kg de N, 5 Kg/Ha de P es la mejor combinación.
- 7) No se recomiendan aplicaciones de K en suelos de esta región porque no existe respuesta al mismo. Sin embargo, deben hacerse análisis de suelos al final de cada cosecha para seguir de cerca el cambio de concentración de este nutriente en el suelo. Así al bajar la misma, deberán hacerse ensayos para determinar los niveles a los cuales hay mejor producción y así evitar la degradación del suelo.

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

1. CHAPMAN, H. & PRAT, P. F. Métodos para análisis de plantas y aguas. México, Trillas, 1976. 195 pp.
2. CRONQUIST, A. Introducción a la botánica. México, Continental, 1969. 800 pp.
3. CRUZ, J. R. DE LA. Clasificación de zonas de vida de Guatemala basada en el sistema Holdrige. Guatemala, Instituto Nacional Forestal, 1973. 83 pp.
4. DEVLIN, R. Fisiología vegetal. Barcelona, Omega, 1976. pp 263-319.
5. FREAR E., H.D. Tratado de química agrícola. Barcelona, Salvat, 1956. pp 291-354.
6. GEUS, J. G. Fertilizer guide for tropical and subtropical farming. Zurich, Konzett & Huber, 1967. pp 579-592.
7. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. Atlas hidrológico, inventario del recurso agua en Guatemala. Guatemala, 1976. 69 pp.
8. ————. Atlas nacional. Guatemala, 1972. 83 pp.
9. ————. BANCO DE GUATEMALA. Estudio de prefactibilidad para desarrollar en forma cooperativa el cultivo y enlatado de la piña en Guatemala. Guatemala, 1975. 85 pp.
10. INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTROAMERICA Y PANAMA. Métodos de laboratorio para análisis de alimentos. Guatemala, 1976. 116 pp.

11. LITTLE & JACKSON. Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. México, Trillas, 1978. 270 pp.
12. OCHSE, J. J. *et. al.* Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. México, Limusa, 1965. v. 1, pp 639-651.
13. ————. ————. México, Limusa, 1965. v. 2, 960 pp.
14. PY, C. La piña tropical. Barcelona, Blume. 1969. 278 pp. (Técnicas agrícolas y producciones tropicales).
15. REYES C., P. Diseños experimentales aplicados. 2a. edición, México, Trillas, 1980. 342 pp.
16. SIMONS, C., TARAMO, J. M. & PINTO, J. H. Estudio de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, José de Pineda Ibarra, 1959. 1000 pp.
17. TEIWES, G. & GRUNEBERG, F. Conocimientos y experiencias en la fertilización de la piña. Alemania, Verlagsgesellschaft, 1963. 67 pp.
18. TEUSCHER, H. & ADLER, R. El suelo y su fertilidad. México, Continental, 1979. 507 pp.

19. TOBAR P., L. A. Estudio semidetallado de los suelos de la finca San Rafael Tierras del Pueblo, cantón Granada. Monog. EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 1980. 48 pp.

(f) Vo Bo. Lic. Olga Ramírez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1945

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia	_____
Asunto	_____

IMPRIMASE:


Dr. Antonio A. Sandoval S.
D E C A N O



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis