

IICA

F01

38



**INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA
AGRICULTURA
(IICA)**

LIBRERIA VENEZOLANA
3 JUN 2003
CALLE 15 N° 11

INFORME FINAL:

**Respuesta del Jiquilite (*Indigofera guatimalensis*) a diferentes dosis de fertilización N,
P y K en la Finca "El Sauce", Santa Ana. Dic.- Junio 2003**

**Responsables: Ing. Julia Amalia Nuila de Mejía
 Ing. Carlos Alberto Aguirre Castro**

Santa Tecla, julio de 2003.

00006674

HEA
FOI
33

1. INTRODUCCION

A finales de los años 90 del siglo pasado y en los inicios del presente, en El Salvador se ha despertado el interés por el rescate del cultivo del jiquilite o añil (*Indigófera* sp.), como una alternativa de desarrollo agroindustrial para la obtención del tinte; tal es el caso de la formación de una asociación de añileros, quienes han comenzado a desarrollar el cultivo y buscar mercados europeos y japoneses, quienes después de un buen tiempo de usar colorantes sintéticos, se han visto en la necesidad de buscar tecnologías menos contaminantes como es la industrialización de tales colorantes. Es así que se han abierto mercados orgánicos, lo cual le da una oportunidad a este cultivo que salió de los rubros de exportación que tenían los países centroamericanos, a fines del siglo XIX, por la caída de los precios de los tintes vegetales, período del apareamiento de los colorantes sintéticos.

Sin embargo, el inicio del fomento de este cultivo ha estado limitado por el escaso conocimiento científico-técnico en el manejo de éste, específicamente en la forma de cómo nutrir la planta de Jiquilite y obtener una buena producción de polvo de añil, pero con un buen porcentaje de Indigotina, sustancia que determina la calidad del tinte.

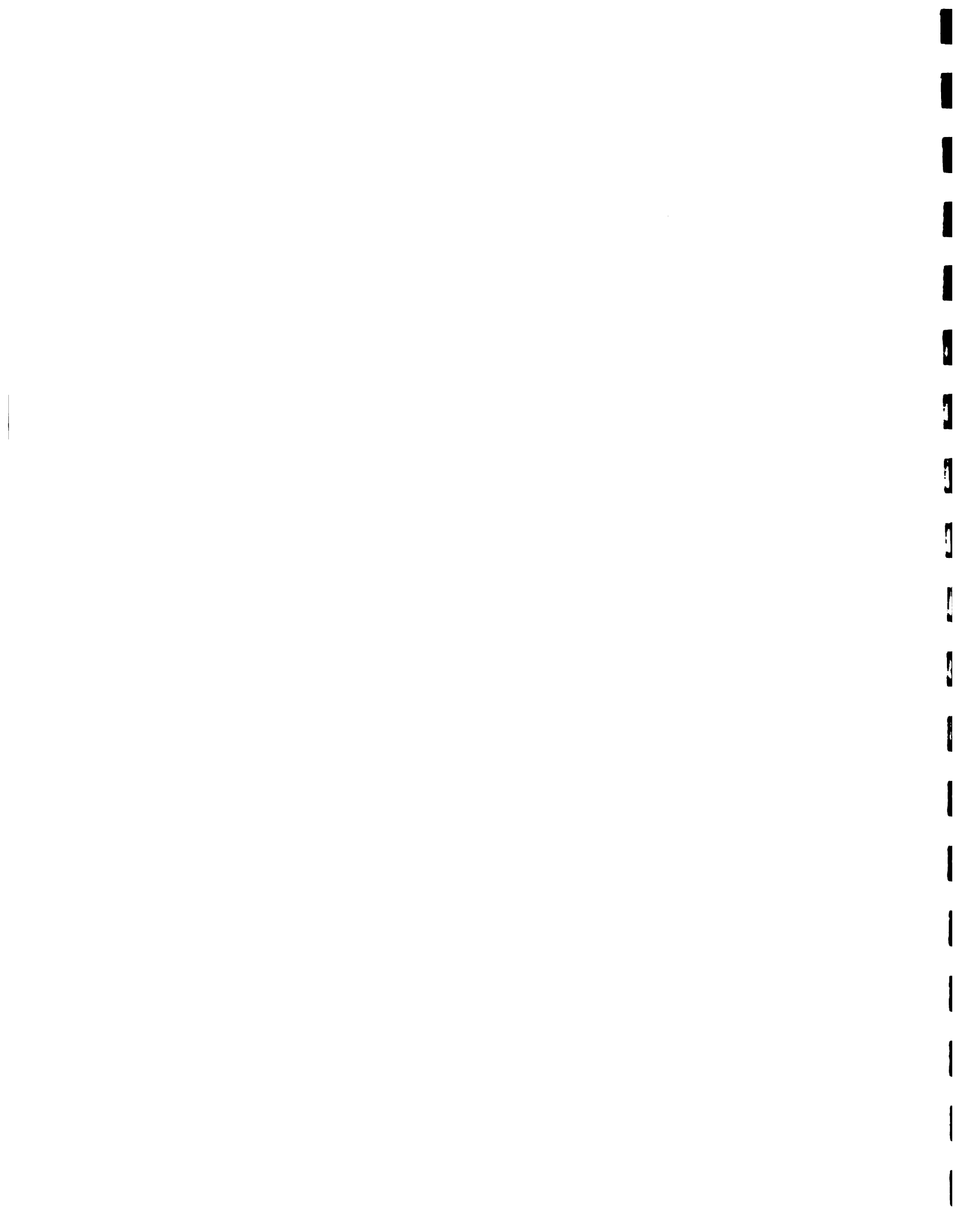
En el impulso de que querer promover este cultivo, El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura Ciencias Agrícolas (IICA), ha querido contribuir al desarrollo del cultivo, encargando el presente estudio a un grupo de investigadores de la Universidad de El Salvador, en vista de la necesidad de poder contar con el conocimiento científico técnico sobre la fertilización del cultivo, con la posibilidad de encontrar el manejo adecuado de nutrientes del suelo para una mejor producción de indigotina en el colorante extraído de la planta.

El presente estudio es una base preliminar sobre la fertilización del cultivo de Jiquilite, en el que se ha buscado establecer cual de los elementos mayores: Nitrógeno, Fósforo y Potasio, son esenciales en la producción de Indigotina, a través de ensayar tres niveles de cada elemento (20, 40 y 60 libras por amanzana) y su combinación, usando los fertilizantes químicos de sulfato de amonio al 21 % de N, superfosfato simple al 20 % de P_2O_5 y muriato de potasio al 60 % de K_2O .

El montaje del ensayo se hizo bajo la modalidad de establecimiento de semillero en tubetes y luego trasplantado a bolsa de polietileno, llevándose el cultivo a un período de 120 días; como cultivo se utilizó la especie *Indigófera guatemalensis*. Esta modalidad fue adaptada de los ensayo de maceta invernadero, con el propósito de lograr una máxima absorción de nutrientes por la planta.

El estudio se realizó en los meses de enero y junio del presente año, en la finca El Sauce, Cantón, Departamento de Santa ana, ubicada en el Km. carretera a Metapán, cuyos propietarios son productores (unos de los) que están impulsando el cultivo y colaboró en el desarrollo del ensayo, al haber prestado sus terrenos, algunos insumos y la mano de obra en el seguimiento de algunas actividades.

En el transcurso de la investigación, se tuvo la visita de un grupo de productores para ver los efectos producidos por los fertilizantes, habiendo constatado según sus apreciaciones, la necesidad de hacer aplicaciones de nutrientes al suelo, buscando cual de el o los elementos nutrientes produce indigotina de calidad, pero sin olvidar que hay que investigar el uso de los fertilizantes orgánicos, ya que se espera poder llegar a producir añil orgánico y reducir los costos de producción.



2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION

2.1 Antecedentes

La asociación de añileros de El Salvador, AZULES (1) reporta que debido a la falta de investigación, se desconoce la respuesta del añil a diferentes de fertilizantes, sean orgánicos o químico, niveles y dosis, por lo que se no se recomienda por el momento. Sin embargo en algunas fincas productoras aplican de 3 a 15 qq por manzana de fertilizante orgánico, con la finalidad de mejorar la condición del suelo.

Según Francisco A. García Rivera (6) describe que el añil o Jiquilite posee cierta capacidad de fijar el nitrógeno por pertenecer a la familia de las Leguminosas, sin embargo, hasta la fecha no se tienen estudios sobre los requerimientos de nutrientes del cultivo. Ante la deficiencia de fósforo que reporte el análisis de suelo, se suele recomendar gallinaza descompuesta a razón de tres toneladas por manzana.

Victor M. Ku Quej (8) en su estudio: El Añil en el Sur de istmo de Oaxaqueño, México, describe que los resultados de análisis de suelos que se le hicieron a parcelas que se sembraron con añil reportan que antes del cultivo el fósforo en el suelo estaba disponible en 25.97 ppm y posteriormente a la cosecha del cultivo 4.54 ppm; al igual que el potasio estaba disponible en 482 ppm antes y 272 ppm después. Concluyendo que la planta consume nutrientes esenciales para su desarrollo. También reporta que el rendimiento aproximado de biomasa fresca fue de 5,520 kg/ha, en el corte de plantilla, lo que equivale a 386.4 kg de nitrógeno orgánico/ha. Esto nos da una idea de la cantidad de biomasa que produce el cultivo y la cantidad de nitrógeno que se extrae del sistema.

Producción de biomasa y tinta

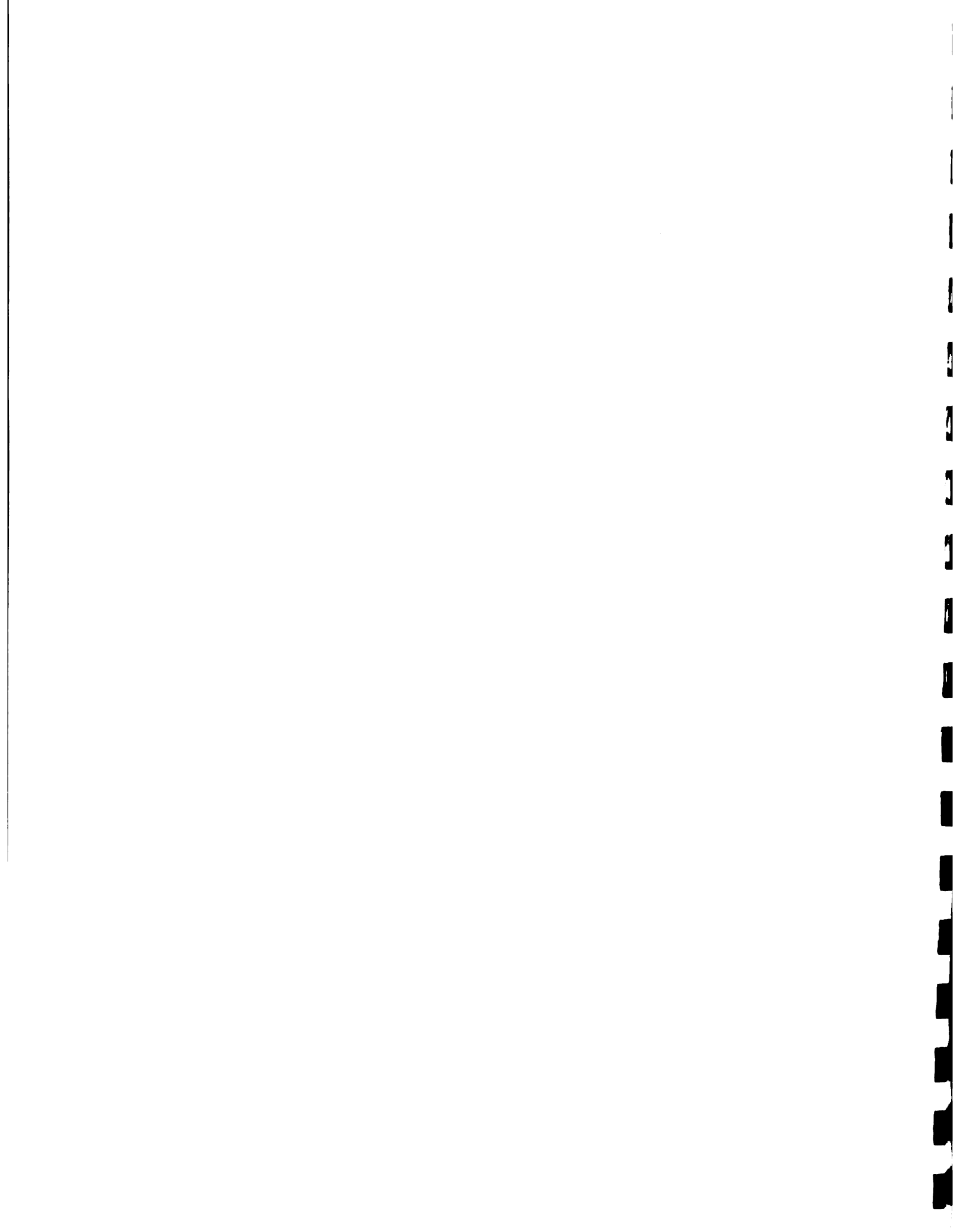
Según García Rivera (6) en el estudio de Agronomía del Jiquilite y procesamiento del añil, reporta que bajo el sistema de siembra de media manzana de jiquilite en faja, se espera obtener de la siembra de abril – mayo una producción de 25 qq de hierba entre los meses de agosto a septiembre, puede obtenerse una segunda producción similar entre los meses de octubre a noviembre. De tal manera que el primer año se puede obtener una producción de 50 qq de hierba fresca, que corresponde a 25 libras de tinta.

2.2 Nutrientes, su función y comportamiento

Ana María Xet (9) describe que el crecimiento sano de las plantas viene determinado por la disponibilidad de suficiente nutrientes en el suelo para ser absorbidos por las plantas en ciertas proporciones. Clasifica los elementos en primarios y secundarios; el nitrógeno, el fósforo y el potasio son considerados como macroelementos primarios, cuyos comportamientos y funciones son distintos entre sí.

El nitrógeno favorece el crecimiento rápido y aumenta la producción. Forma la proteína en algunos cultivos como también es parte de la clorofila que permite que las plantas tomen sus nutrientes.

El fósforo desempeña un papel indispensable como combustible universal para todas las actividades bioquímicas de las células vivientes, forma parte de los enlaces de alta energía del trifosfato de adenosina (ATP) El fósforo ayuda en la formación, desarrollo y fortalecimiento de las raíces; permite un arranque vigoroso y rápido de la planta, es decir que ayuda a la planta a agarrarse del suelo a través del desarrollo radicular. Tiene una ventaja sobre otros nutrientes y es que sus aplicaciones al suelo permite una acumulación en el tiempo, por tener poca movilidad. Foth (4) describe que la deficiencia de fósforo se caracteriza por plantas achaparradas o crecimiento menor, que tienen casi igualmente afectado el crecimiento de la raíz que de la parte aérea., debido a que se retarda la división celular y



hay menor crecimiento; ocasionalmente cuando falta el fósforo, inhibe la utilización del nitrógeno y se desarrolla un color verde pálido o amarillento.

El potasio sirve para que las ramas y los tallos sean fuertes y no sufran el acame. Regula la transferencia de almidones, azúcares y aceites. Regula el consumo del agua. Las partículas del suelo lo retienen con facilidad, sin embargo en suelos arenosos puede ser lixiviado.

La materia orgánica en el suelo proporciona nutrientes al suelo tales como el nitrógeno, fósforo y azufre. Se considera como la única abastecedora de nitrógeno. Por lo que aplicaciones de materia orgánica o los remanentes de rastrojos de cultivos anteriores favorecerá la disponibilidad de nutriente lo cual es favorecido por la actividad de organismos del suelo.

2.3 Reacción del suelo

(Reacción del suelo) la reacción del suelo tiene una gran influencia en el desarrollo y productividad de los cultivos. Los mejores suelos para la mayoría de los cultivos están entre ligeramente ácidos y ligeramente alcalinos. El pH del suelo tiene influencia decisiva en la disponibilidad de los nutrientes. El pH influye de 2 formas: una porque facilita la absorción de algunos nutrientes que en grandes cantidades resultan tóxicos para la planta y otra porque impide el aprovechamiento de algunos nutrientes esenciales para el desarrollo de la misma.

2.4 Análisis de suelos.

El análisis de suelos es una herramienta valiosa del manejo de suelos, ya que determina el contenido de nutriente disponibles a la planta, así como la capacidad nutritiva del suelo estudiado. Para que el agricultor haga buen uso de de la tierra y de las condiciones climáticas del cultivo, es importante que conozca la reacción del suelo y sus niveles nutritivos. El informe del análisis de suelo contiene la información sobre los valores del pH y del contenido de materia orgánica; del contenido de fósforo y potasio disponibles para la planta. El laboratorio dará los contenidos de calcio y magnesio en los lugares que se les requiera.

2.5 Características botánicas generales

Binder (3) describe que el Jiquilite es una planta de la familia de las leguminosas, del género Indigófera que pertenece a la subfamilia de la Faboideae, planta herbácea, más o menos estrigosos, con pelos pálidos, que muchas veces le dan una apariencia gris verde. Stanley y Guzmán, citados por García Rivera (6), reportan que a este género pertenecen 4 especies que han sido encontradas en El Salvador: Indigófera guatemalensis, Mociño y Sessé, Indigofera lespedizioides H.B.K. Gaupito, Indigófera suffruticosa. Millar e Indigófera mucronata. Sprendel.

Morfológicamente este género tiene tallo erecto, con hojas imparipinnadas con tres a veintitrés folíolos, raíces por lo general pivotantes y profundas. Su inflorescencia es axilar, formando racimos o espigas densas, los pedúnculos son cortos o ausentes. Sus flores son pubescentes por fuera y de color rojizo, salmón o blanquecino. Las legumbres o frutos son oblongas o lineales, cuadrangulares dehiscentes y septadas entre semillas. Contiene semillas comprimidas de globosas a cilíndricas con extremos truncados o algo cuadrados.

La composición química del Jiquilite según los resultados del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, citado por García Rivera (6) contiene: Glicósidos cianogenéticos que son sustancias que después de su degradación enzimática produce ácido cianhídrico (HCN), saponínicos, triterpenos, taninos. Barillas (2) reporta que la base química del colorante existente en las hojas del Jiquilite, está



compuesta de la siguiente fórmula: $C_{26}H_{31}NO_{17}$. Compuesto fotoquímico, glucósido y con una estructura molecular compuesta de dos bloques: Una similar al azúcar y otra derivada de la genina de donde viene el colorante azul, a esto le llaman compuesto MA.

2.6 Capacidad de fijación del nitrógeno

Según Binder (3) las leguminosas tienen una capacidad de asociarse con bacterias del género *Rhizobium*, y el Jiquilite no escapa a esta característica muy importante, porque permite desarrollar la capacidad de fijar e nitrógeno atmosférico; sin embargo el mismo autor señala que esta capacidad suele ceder a la aplicación del nitrógeno más asimilable al suelo, por la reducción de la cantidad de nódulos debido a la concentración de iones nitratos y amonio en el suelo, que boquean la síntesis de la nitrogenasa y repercute en la actividad enzimática. Por consiguiente queda impedida la fijación del nitrógeno atmosférico y más tarde la bacteria muere. Un alto nivel de Nitrógeno en el suelo puede obstaculizar el rizado de los pelos absorbentes de las raíces. Niveles muy bajos de de nitrógeno pueden reducir o retardar la fijación de nitrógeno, debido al desarrollo lento de las plántulas en los primero 20 días.

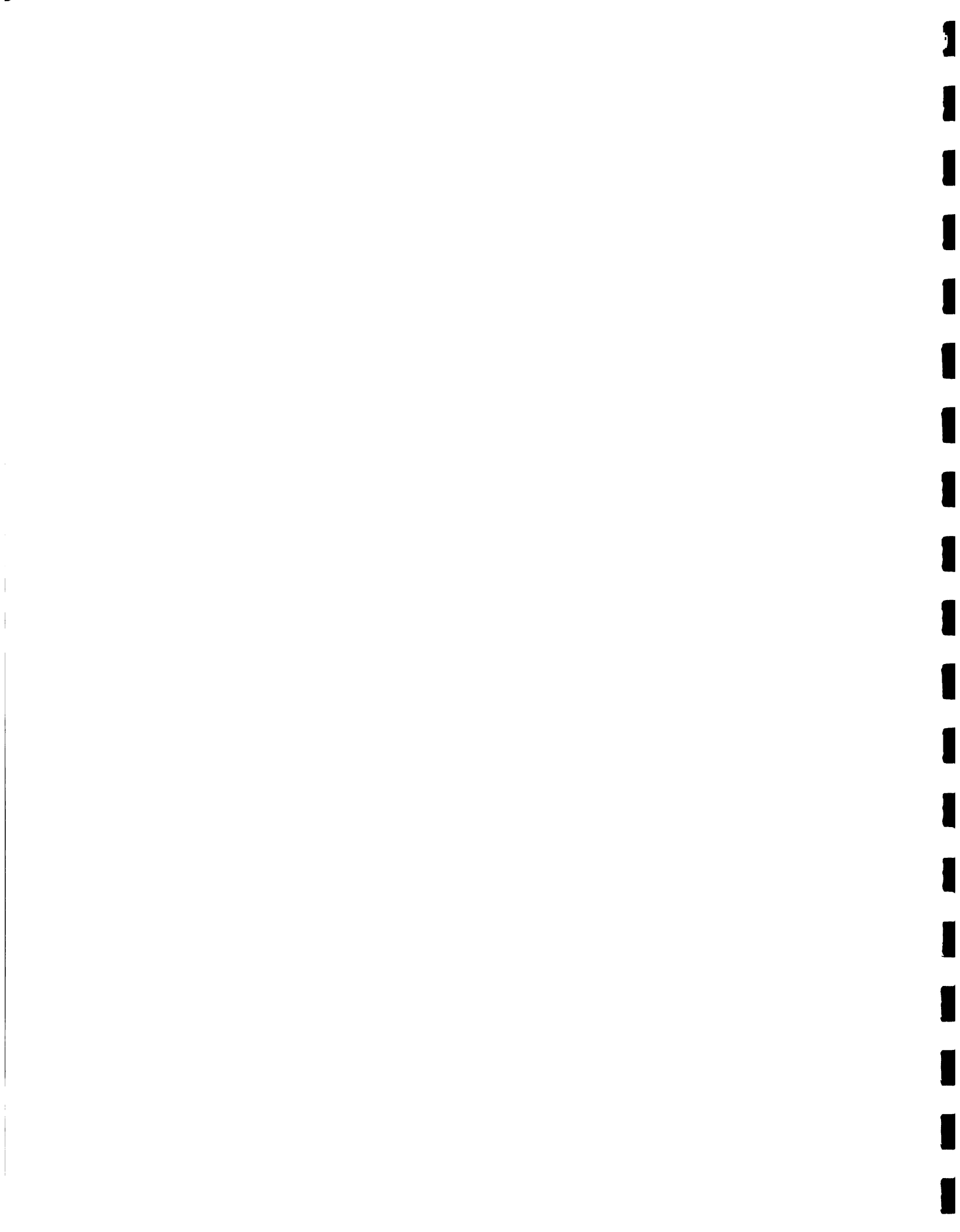
Según lo cita Binder (3) las leguminosas tienen una alta demanda de fósforo. Las aplicaciones de fósforo poco soluble (p.e. roca fosfórica) aumenta el contenido de nitrógeno en las partes aéreas de las leguminosas, lo cual se atribuye a un mejor desarrollo radicular, un incremento de número y densidad de nódulos. Para facilitar la absorción de fósforo por las raíces, es recomendable mejorar la estructura del suelo, mediante un aumento del contenido de materia orgánica.

También Binder menciona que a menudo, el fósforo es el nutriente más limitante para el establecimiento de las leguminosas. Recomendaciones de fertilización al momento de la siembra varían de 20 a 50 lb/mz de fósforo, dependiendo de la fertilidad natural y la capacidad de fijación de fósforo del suelo. Menciona que una leguminosa asociado con pasto puede asegurar un reciclaje eficiente de nutriente como el fósforo, reduciendo las aplicaciones de mantenimiento de fertilizantes fosfóricos (8-20 lb/mz de fósforo).

Derieux, citado por Hernández López et al (7), en la isla de Guadalupe, trabajó con nueve cultivares de porte pequeño de gandul obtuvo incrementos de hasta un 46 % en los rendimientos con dosis de 30, 100 120 Kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente. Sankar *et al* en la India obtuvo la máxima producción con aplicaciones de 25 kg/ha de nitrógeno, 43.6 kg/ha de fósforo y 20.8 kg/ha de potasio, la cual supero en un 30 por ciento el testigo. Estos mismo autores reportan que la dosis de 25 kg/ha de nitrógeno incrementa en un 4 % los contenidos de proteína en grano seco.

Hernández López (7) en una investigación de fertilización de gandul con nitrógeno (0, 100 y 200 kg/ha), fósforo (0, 150 y 300 kg/ha) y potasio (0, 40 y 100 kg/ha), usando como fuente nitrato de amonio, triple superfosfato y cloruro de potasio, encontró que la altura del cultivo no fue significativo a la aplicación de los tres elementos. En el grosor de tallo obtuvo un efecto lineal para el fósforo, considerando que el elemento interviene en el crecimiento de las raíces, amentando el volumen de estos, lo que promueve una mejor absorción de nutrimentos, sin embargo no hubo correlación entre el grosor de la planta y la producción de frutos. En la interacción nitrógeno x potasio aumentando el grosor de las plantas con los niveles 0 y 100kg/ha de nitrógeno con 50 kg/ha de potasio y se obtuvo el mismo resultado con aplicación de 100 kg/ha de N y 100 kg de K/ha. Estadísticamente fue significativa la aplicación de potasio en la producción de grano verde en 4,56 tn cuando se aplicó 50 kg/ha del nutriente

En proteína no hubo diferencias significativas estadísticamente para ninguno de los tratamientos.



2.7 Efecto de los fertilizantes en el crecimiento de las plantas

Uno de los factores más importante que afecta el crecimiento de las plantas es el estado del tiempo (Temperatura y distribución de la lluvia) y la respuesta de cualquier cultivo en particular de la aplicación de fertilizantes, está determinada en particular por la provisión de humedad.

Foth (4) describe que con frecuencia se observa que en general los fertilizantes estimulan el desarrollo temprano de los cultivos. Este desarrollo temprano de un cultivo no debe tomarse como una medida del fertilizante en el rendimiento. En ocasiones, el fertilizante puede estimular el crecimiento temprano, pero a medida que avanza la estación esa diferencia desaparece y en la cosecha no se encuentra incremento. También los fertilizantes pueden tener poco efecto sobre el desarrollo temprano de ciertos cultivos, pero en la cosecha se nota un marcado aumento de rendimiento. Algunos efectos notables se presentan en los cultivos arbóreos, tal es el caso de Nitrógeno, que hace cambiar el color del follaje de verde amarillo a verde intenso.

2.8 Composición de las plantas

Foth describe que las leguminosas contienen un porcentaje promedio más elevado de nitrógeno y de calcio, un porcentaje menor de potasio y medio de fósforo, en comparación con las gramíneas: N: 2.38 %, P: 0.30 % y K: 1.13, un aumento en la cantidad de un nutriente en el suelo que está disponible o que es fácilmente soluble puede causar un incremento de ese nutriente en la planta, que depende en que incremente el crecimiento total de la planta. Si el nutriente se encuentra en provisión limitada y el desarrollo de la planta está limitado por él, la adición de este nutriente probablemente conduzca a que haya un gran aumento en la cantidad absorbida del mismo. Con ello puede ocurrir un incremento correspondientemente grande en el desarrollo de la planta, de tal suerte que la composición porcentual de la planta queda igual. Con el aumento de la provisión del nutriente finalmente se llega a un punto en el que se obtiene el rendimiento máximo y los incrementos posteriores en la cantidad del nutriente pueden reducir el rendimiento. Sin embargo las plantas pueden seguir absorbiendo nutrientes y se efectúa en ellas un marcado aumento de la concentración del nutriente.

Este principio ha servido para mejorar la calidad de ciertos productos, como por ejemplo el aumento en forma efectiva de proteínas de las cosechas. En trigo se ha utilizado el nitrógeno para incrementar la calidad del grano para propósitos de molindas. Se ha utilizado el nitrógeno para incrementar el rendimiento, sin embargo con cantidades adicionales se incrementó el contenido de proteína y la calidad o suficiente para que la práctica resultara costeaible.

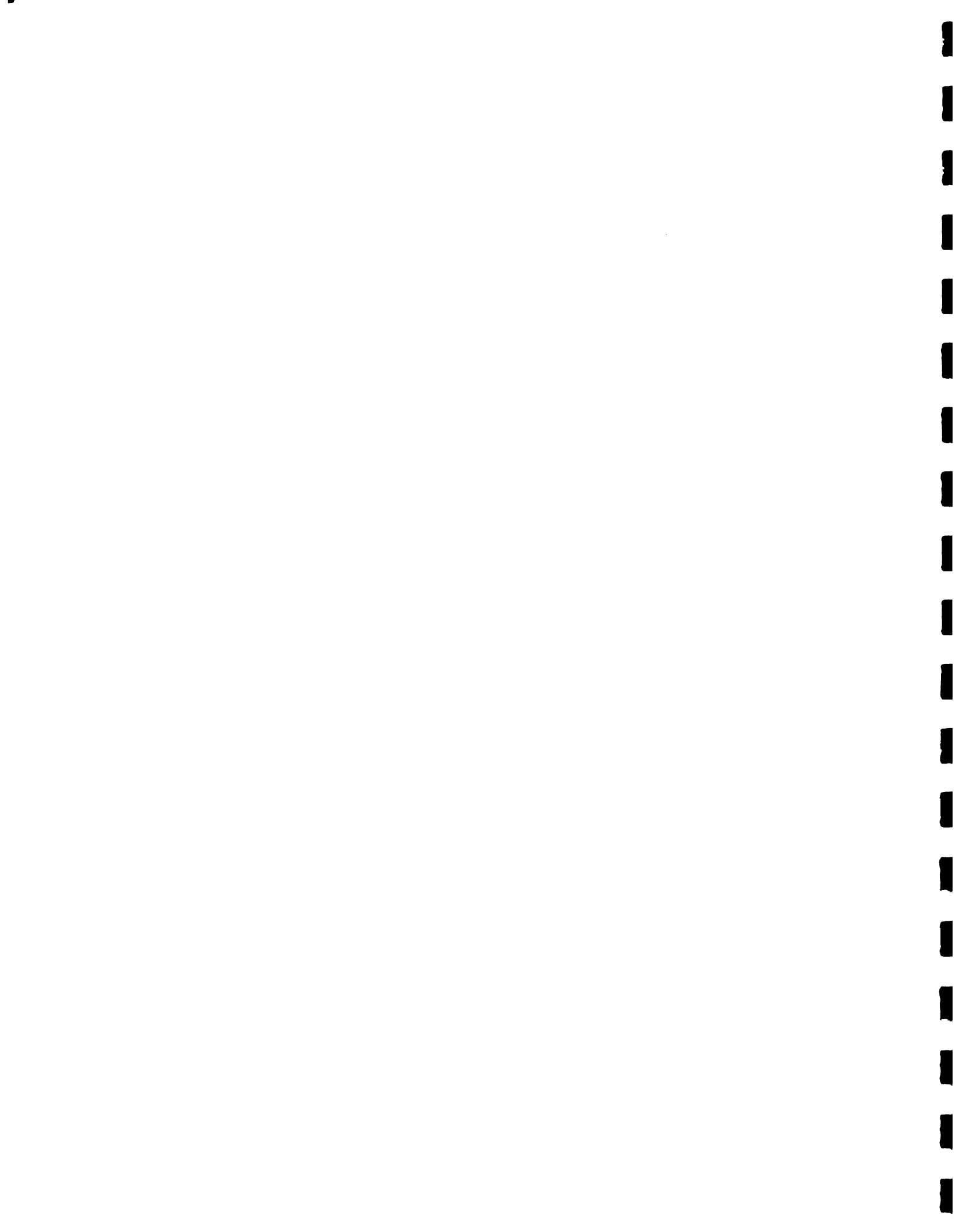
La composición de las plantas varía con la edad, de tal manera que la acumulación de nutrientes se efectúa con tasa mayor que el peso de la planta, cuando ésta es joven, mientras que ocurre lo inverso cuando la planta se acerca a la madurez. Ello ocasiona una declinación en el contenido de nutrientes con el avance de la edad de la planta.

3.0 Objetivo general

Evaluar el comportamiento de la especie de jiquilite *guatimalensis* a la fertilización química al suelo, con el propósito de determinar el rendimiento de biomasa en el follaje, absorción de elementos minerales presentes en el follaje y su comportamiento agronómico.

Objetivos específicos:

1. Evaluar el comportamiento agronómico de la especie *guatimalensis*, cuando es sometida a la fertilización química del suelo.



2. Determinar la cantidad de minerales presentes de N, P, K, y biomasa en muestras foliares, a los 90 y 120 días después de siembra, cuando el cultivo es tratado con fertilizantes químicos al suelo.
3. Determinar la producción de indigotina de la especie en estudio, a los 120 días después de siembra.
4. Relacionar la producción de biomasa, alimentos minerales N- P- K e indigotina, en la especie en estudio cuando el suelo fue fertilizado en comparación a la no fertilización.

4. MATERIALES Y METODOS

Localización: La investigación se realizó en la finca "el Sauce" ubicada en el municipio de Lourdes, Santa Ana. El lugar se encuentra a una altura de 700 m sobre el nivel del mar. Las condiciones de clima durante el período del experimento fueron: temperatura de 31.28, humedad relativa de 68.33% y precipitación de 113.67 mm.

Descripción de la parcela experimental: El lote experimental tuvo de una dimensión de 614 m², en la cual se delimitaron 64 parcelas de 3.2 m² en cada bloque. El distanciamiento entre surcos fue de 0.80 m. Y entre plantas de 0.40 m. Se usaron 640 plantas /bloque y 1280 para todo el experimento. (Ver figura de plano del campo). El experimento se repitió dos veces.

El experimento se trabajó en bolsas plásticas de color negro, de 10 libras de suelo de capacidad; cuyo propósito fue permitir a la planta un total confinamiento de los nutrientes y así, poder medir con mayor exactitud, la capacidad del cultivo de absorber los elementos N, P y K, aplicados al suelo. Los elementos asimilados se determinaron a los 90 y 120 días después de la siembra. Cada parcela estuvo constituida de 10 plantas.

El suelo usado presentó las siguientes características:

Muestra	Elemento							M. O. (%)
	PH	P (ppm)	K (ppm)	Ca (meq/100cc)	Mg (meq/100cc)	Al (meq/100cc)	Act (meq/100cc)	
1	5.7	0.9	526	10.0	3.27	0.0	2.4	+7
2	5.5	0.6	127	9.0	1.57	0.0	3.2	+7

Text. Tacto = F. A.

Fuente: Laboratorio de Análisis Químico de PROCAFE

Con el propósito de garantizar uniformidad en las 128 parcelas del experimento, estas se manejaron de forma similar en cuanto al volumen de suelo por bolsa (10 libras), tipo de bolsa, (igual color, tamaño, forma y volumen), tipo de suelo y manejo agronómico. Se trató de hacer variar en cada parcela únicamente la cantidad de fertilizante a base de N, P y K, aplicado al suelo.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

MANEJO AGRONÓMICO DEL SUELO

Establecimiento y manejo del semillero: La siembra se hizo en la finca "El Sauce", carretera a Metapán, Santa Ana. Se usaron tubetes de 5" largo y 2" de diámetro: Se usó como sustrato de tierra negra y cascajo en una relación de 3:1. La siembra se hizo el 29 de Enero/03, dejando 10 semillas por tubete; estos se colocaron en camas de 2.00 m de largo x 1.00 de ancho x 1.00m de alto. Cada cama estuvo constituida por 109 tubetes (1526 tubetes en total).

Fase de trasplante. El trasplante se hizo 60 días después de la siembra, dejando una planta por bolsa. Previo al trasplante se regó para permitir buena humedad del suelo.

Fertilización. La fertilización se realizó 8 días después del trasplante (61 días después de la siembra). Se usó como fuente de nitrógeno, sulfato de amonio (21 % de N), fósforo, superfosfato simple (20% de $P_2 O_5$) y muriato de potasio (60 % de $K_2 O$, para potasio).

En cada fuente se estudiaron cuatro dosis: 0, 20, 40 y 60 libras; las cantidades de cada elemento se determinaron en base a las necesidades de leguminosas: 30 libras N, 30 libras $P_2 O_5$ y 30 libras de $K_2 O$. Las cantidades aplicadas fueron:

Cuadro 1. Cantidades de N, P y K aplicadas

DOSIS	SULFATO DE AMONIO	DE SUPER FOSFATO	MURIATO DE POTASIO (K)
0 lb.	0 gr.	0 gr.	0 gr.
20 lb.	2.07 gr.	2 gr.	0.83 gr.
40 lb.	4.14 gr.	4 gr.	1.66 gr.
60 lb.	6.21 gr.	6 gr.	2.49 gr.

Control de plagas y enfermedades

Durante la fase experimental (85 días después de la siembra) se observó defoliación y amarillamiento en las hojas inferiores del 2% de la plantación. La causa fue la presencia de hongo fusarium.

Los síntomas del efecto del hongo fueron:

- Coloración rojiza en la parte inferior del tallo, respecto a la base del suelo.
- Presencia de una especie de canalitos en la parte dañada del tallo.
- Hojas inferiores amarillentas, que se caen con un leve movimiento.
- Las plantas dañadas presentaron poco crecimiento y desarrollo, en relación a las plantas sanas.

Para el control del hongo se usó Daconil en dosis de 10 cc/ galón de agua y 8 días después se aplicó una mezcla de Previcar más Derosal, en dosis de 10 cc/ galón de agua.

- Otro daño de importancia fue ocasionado por la presencia de araña roja, que es un ácaro que produce deformación y amarillamiento en el follaje y como consecuencia poco crecimiento en el cultivo. Este daño se observó a los 107 días después de la siembra, en un 5% de la plantación.



El control fue efectivo con una aplicación de Metasistox en dosis de 3 cc /litro de agua y una segunda aplicación (8 días después) con Pegasus, en dosis de 10 cc/ galón de agua.

Para ambos productos se usó el adherente “810”, en dosis de 10 cc/ bomba de 5 galones y así evitar que los productos fueran lavados por la lluvia.

- Para el control de plagas y enfermedades se tuvo la colaboración del Sr. Cristóbal Delgado, trabajador de la Finca “EL Sauce” y con mucha experiencia en esta área.

Riego.

Durante la fase de semillero el riego se hizo por aspersión, con una frecuencia de 1 día, durante la primera quincena; posteriormente se hizo cada 2 o 3 días, hasta la finalización de esta fase.

La fase de campo. El riego se hizo de forma manual (con guacal), con una frecuencia de 2 o 3 días. Esta actividad se hizo de esta manera, desde la fase de trasplante hasta la cosecha.

Cosecha

Para cumplir con los objetivos del proyecto la cosecha del follaje se realizó en dos períodos: a los 90 y 120 días después de la siembra, pues se esperaba medir la capacidad que tiene el cultivo de absorber el nitrógeno, fósforo y potasio, aplicado al suelo a los 90 y 120 días de edad; además, medir la influencia que tienen la nutrición al suelo en la formación de indigotina y el comportamiento agronómico del cultivo.

METODOLOGIA ESTADISTICA

La investigación comprende el estudio de tres factores de interés: fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica. Para cada factor se estudiaron 4 niveles, los que se describen en el cuadro 2.

Cuadro 2: Descripción de las cantidades de fertilizantes nitrogenado, fosfórico y potásico en la especie *Indigófera guatimalensis*.

FACTORES	NIVELES	DESCRIPCION
Nitrógeno (N)	N ₀	0.0 lbs. de sulfato de amonio/mz
	N ₁	20.0 lbs. de sulfato amonio/mz
	N ₂	40.0 lbs. de sulfato amonio/mz
	N ₃	60.0 lbs. de sulfato amonio/mz
Fósforo (P)	P ₀	0.0 lbs superfosfato simple(20%)/mz
	P ₁	20.0 lbs. superfosfato simple(20%)/mz
	P ₂	40.0 lbs. superfosfato simple(20%)/mz
	P ₃	60.0 lbs. superfosfato simple(20%)/mz
Potasio (K)	K ₀	0.0 lbs. muriato de potasio/mz
	K ₁	20.0 lbs. muriato de potasio/mz
	K ₂	40.0 lbs. muriato de potasio/mz
	K ₃	60.0 lbs. muriato de potasio/mz



Descripción de la parcela experimental: El establecimiento de la parcela experimental se hizo en un área de 614.4m²; esta área se dividió en dos subáreas de 25.6 x 11 m² que formaron los bloques; luego cada bloque se subdividió en 64 parcelas (unidades experimentales) para medir el efecto de la aplicación de fertilización química al suelo; respecto a la no aplicación de éstos (Ver figura 1)

Cada Unidad experimental estuvo constituida de 10 plantas (bolsa + sustrato + planta), formando dos surcos de 5 plantas cada una. El distanciado fue de 0.80 m entre surcos y 0.40 m entre plantas (Fig. 1 y 2). El área /parcela fue de 3.20 m².

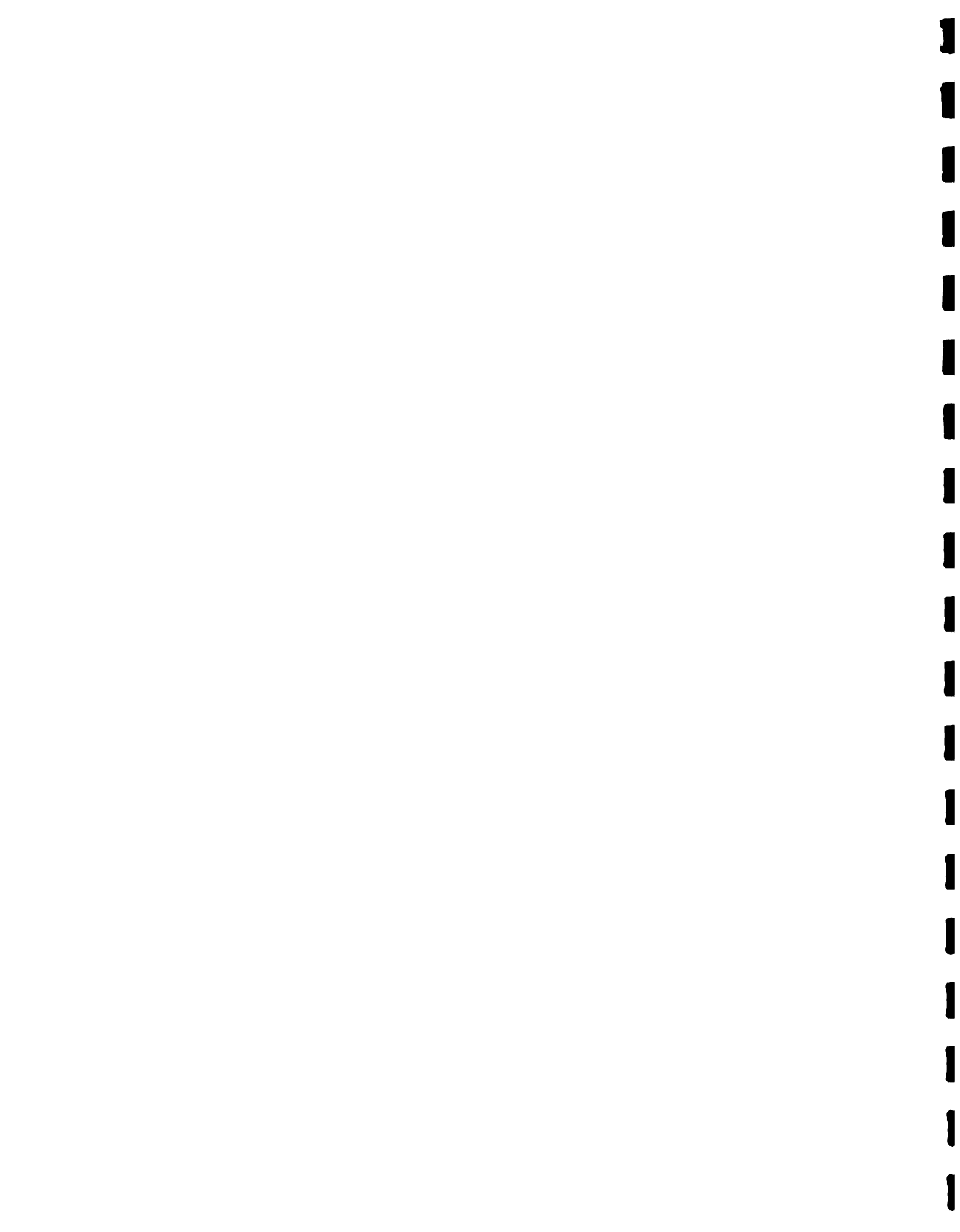
Diseño Estadístico: Para medir la efectividad de los niveles de cada factor, se usó el Diseño de Bloques Completos al azar, en arreglo factorial 4 x 4 x 4, con 2 repeticiones. Los resultados se evaluaron con una precisión del 5 % de probabilidad.

Se probó en la especie *guatemalensis* 4 niveles de N, 4 niveles de P y 4 de K. Las combinaciones posibles son 64 tal como se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Descripción de las combinaciones de niveles de N, P y K a evaluar.

Tratamiento	Descripción	Tratamiento	Descripción	Tratamiento	Descripción	Tratamiento	Descripción
T1	N ₀ P ₀ K ₀	T17	N ₁ P ₀ K ₀	T33	N ₂ P ₀ K ₀	T49	N ₃ P ₀ K ₀
T2	N ₀ P ₀ K ₁	T18	N ₁ P ₀ K ₁	T34	N ₂ P ₀ K ₁	T50	N ₃ P ₀ K ₁
T3	N ₀ P ₀ K ₂	T19	N ₁ P ₀ K ₂	T35	N ₂ P ₀ K ₂	T51	N ₃ P ₀ K ₂
T4	N ₀ P ₀ K ₃	T20	N ₁ P ₀ K ₃	T36	N ₂ P ₀ K ₃	T52	N ₃ P ₀ K ₃
T5	N ₀ P ₁ K ₀	T21	N ₁ P ₁ K ₀	T37	N ₂ P ₁ K ₀	T53	N ₃ P ₁ K ₀
T6	N ₀ P ₁ K ₁	T22	N ₁ P ₁ K ₁	T38	N ₂ P ₁ K ₁	T54	N ₃ P ₁ K ₁
T7	N ₀ P ₁ K ₂	T23	N ₁ P ₁ K ₂	T39	N ₂ P ₁ K ₂	T55	N ₃ P ₁ K ₂
T8	N ₀ P ₁ K ₃	T24	N ₁ P ₁ K ₃	T40	N ₂ P ₁ K ₃	T56	N ₃ P ₁ K ₃
T9	N ₀ P ₂ K ₀	T25	N ₁ P ₂ K ₀	T41	N ₂ P ₂ K ₀	T57	N ₃ P ₂ K ₀
T10	N ₀ P ₂ K ₁	T26	N ₁ P ₂ K ₁	T42	N ₂ P ₂ K ₁	T58	N ₃ P ₂ K ₁
T11	N ₀ P ₂ K ₂	T27	N ₁ P ₂ K ₂	T43	N ₂ P ₂ K ₂	T59	N ₃ P ₂ K ₂
T12	N ₀ P ₂ K ₃	T28	N ₁ P ₂ K ₃	T44	N ₂ P ₂ K ₃	T60	N ₃ P ₂ K ₃
T13	N ₀ P ₃ K ₀	T29	N ₁ P ₃ K ₀	T45	N ₂ P ₃ K ₀	T61	N ₃ P ₃ K ₀
T14	N ₀ P ₃ K ₁	T30	N ₁ P ₃ K ₁	T46	N ₂ P ₃ K ₁	T62	N ₃ P ₃ K ₁
T15	N ₀ P ₃ K ₂	T31	N ₁ P ₃ K ₂	T47	N ₂ P ₃ K ₂	T63	N ₃ P ₃ K ₂
T16	N ₀ P ₃ K ₃	T32	N ₁ P ₃ K ₃	T48	N ₂ P ₃ K ₃	T64	N ₃ P ₃ K ₃

La información recolectada de las variables en estudio se ordenaron en cuadros de doble entrada NxP, NxK y PxK y gráficos; de esa manera facilitar la interpretación del comportamiento de los niveles de los factores; además se utilizaron tablas de ANVA que resume el comportamiento de los factores y las respectivas reacciones; la prueba de Duncan para determinar el comportamiento de los niveles de cada factor en variables de tipo agronómico (altura, diámetro tallo, biomasa, materia seca) y variables cualitativas (contenido de indigotina y absorción de N, P y K).



VARIABLES ESTUDIADAS.

1. Análisis químico del suelo.

El análisis químico del suelo, se hizo antes de ser preparado, con el propósito de evaluar el contenido de nutrientes, PH, Humedad y Materia Orgánica. Este fue realizado en el Laboratorio de Química de PROCAFE.

2. Porcentaje de germinación 8 días después de la siembra.

Este se midió haciéndose un conteo de las plantas germinadas, en cinco camas de siembra, relacionadas al azar. Se muestreó un total de 500 tubetes.

3. Altura y diámetro promedio /planta en centímetros

La variable altura se midió a los 60, 90 y 120 días después de la siembra, usando regla graduada en centímetros; la cual se midió desde la base del suelo hasta la formación del último brote. El diámetro se midió a una altura de 5 centímetros de la base del suelo. Para ambas variables se tomaron 3 plantas al azar de cada parcela. La información se ordenó en cuadros de doble entrada, estructurados para el fin propuesto

4. Número de brotes promedio /planta.

El número de brotes promedio /planta se determinó a los 84 días de edad del cultivo (28 días después de la fertilización). El propósito fue medir el efecto de la fertilización del suelo con diferentes dosis de N, P y K. Para dicha evaluación se establecieron 4 categorías.

<u>Categoría</u>	<u>Calificación</u>	<u>No. brotes</u>
A	Alta brotación	8-10
B	Brotación media	5-6
C	Baja brotación	2-3
D	No hay brotación	0

5. Desarrollo del Sistema Radicular (cm)

El desarrollo del sistema radicular se midió 133 después de la siembra, con el fin de evaluar el desarrollo del sistema radicular por el efecto de la fertilización al suelo de N, P y K, en diferentes dosis; midiendo para tal fin el largo de la raíz y concentración de raíces en la cabellera y desarrollo de la raíz principal y con el fin de interpretar los resultados se establecieron los siguientes criterios de análisis: escasa, baja, media, alta y muy alta formación de raíces.

6. Producción de biomasa

La producción de biomasa se determinó en dos etapas de crecimiento del cultivo; 90 y 120 días después de la siembra.

Para obtener dicho material se cosecharon 2 plantas al azar de cada tratamiento (4 plantas en total). El corte se hizo a una altura de 5 cm, respecto a su base del suelo, con tijera de podar y luego el material se colocó en bolsas de papel kraft perforados y con su respectiva identificación. El peso fresco se obtuvo en balanza semianalítica.

7. Comportamiento del PH del suelo.

Dicha variable se midió a los 120 días después de la siembra, usando un peachímetro; se muestrearon dos unidades por tratamiento. El propósito fue determinar en que medida las cantidades de fertilizantes con N, P y K habían modificado el suelo y de esa manera determinar su efecto en la absorción de estos nutrientes por la planta.

8. Contenido de Minerales N, P, K en el follaje

El contenido de minerales N- P- K presentes en el follaje se evaluó a los 90 y 120 días después de la siembra; considerando al primer período 3 plantas al azar /parcela /tratamiento y 2 plantas en el segundo período (5 plantas en total). El propósito de dicha evaluación es determinar la capacidad de absorción de nutrientes N-P-K por la planta, según la cantidad de fertilizantes aplicados al suelo.

El muestreo foliar se hizo en la parte central de la planta y en cada rama, de donde se tomaron dos hojas que presentaron características de reciente maduración, considerando que es la parte de la planta donde se tiene un equilibrio nutricional de elementos móviles y no móviles. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Química del CENTA (64 por período; 128 en total).

9. Contenido de Indigotina.

La evaluación de la indigotina presente, se hizo 120 días después de la siembra en el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

Las muestras de campo se recolectaron considerando 5 plantas /parcela /tratamiento de cada bloque (10 plantas en total).

El muestreo foliar para el análisis respectivo a cada tratamiento, se hizo de la parte media de la planta, considerando únicamente hojas para el análisis. Se hicieron 64 análisis en total.

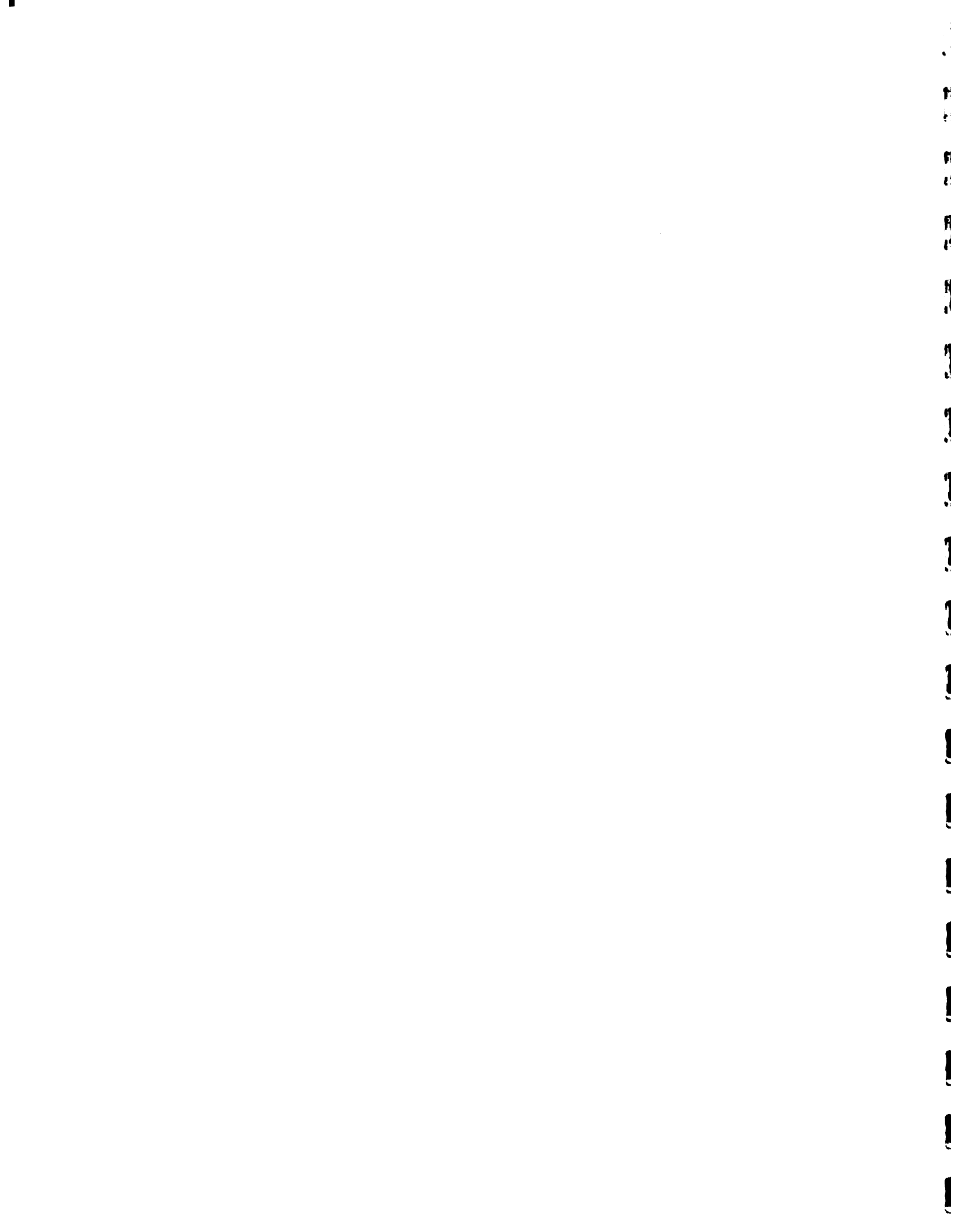
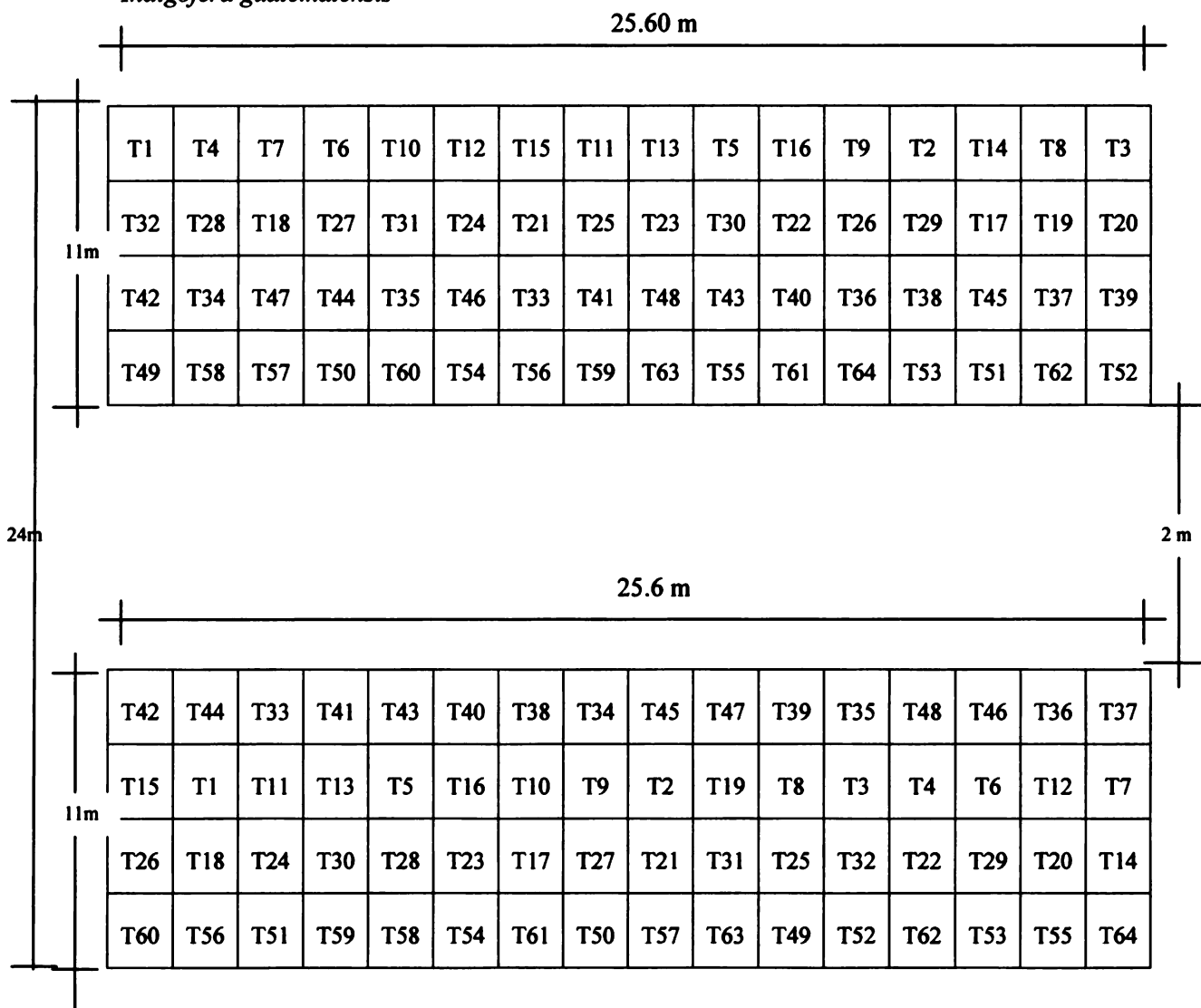


Fig. 1. Plano de distribución de tratamientos en el campo, para un diseño de 13 bloques al azar en arreglo factorial 4x4x4

Indigófera guatemalensis



Area total = 614.4 m²

Dist. / Surcos = 0.80 m

Dist. / Plantas = 0.40 m

Dist. Entre bloques incompletos = 1m.

Dist. Entre parcelas de c/bloque incompleto = 0.5m

No. De plantas por parcela = 10

No. De plantas por bloque = 640

No. De plantas para el experimento = 1280

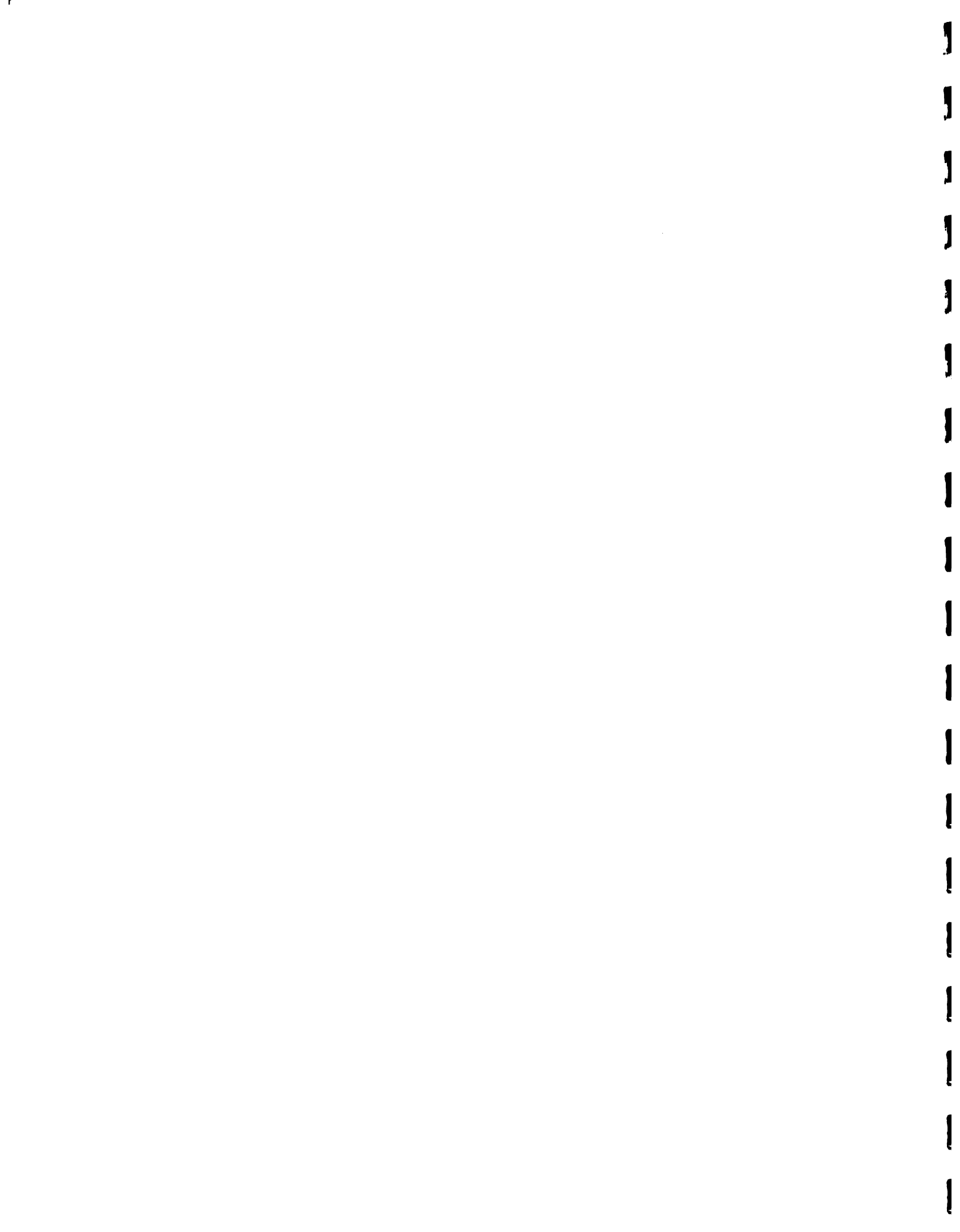
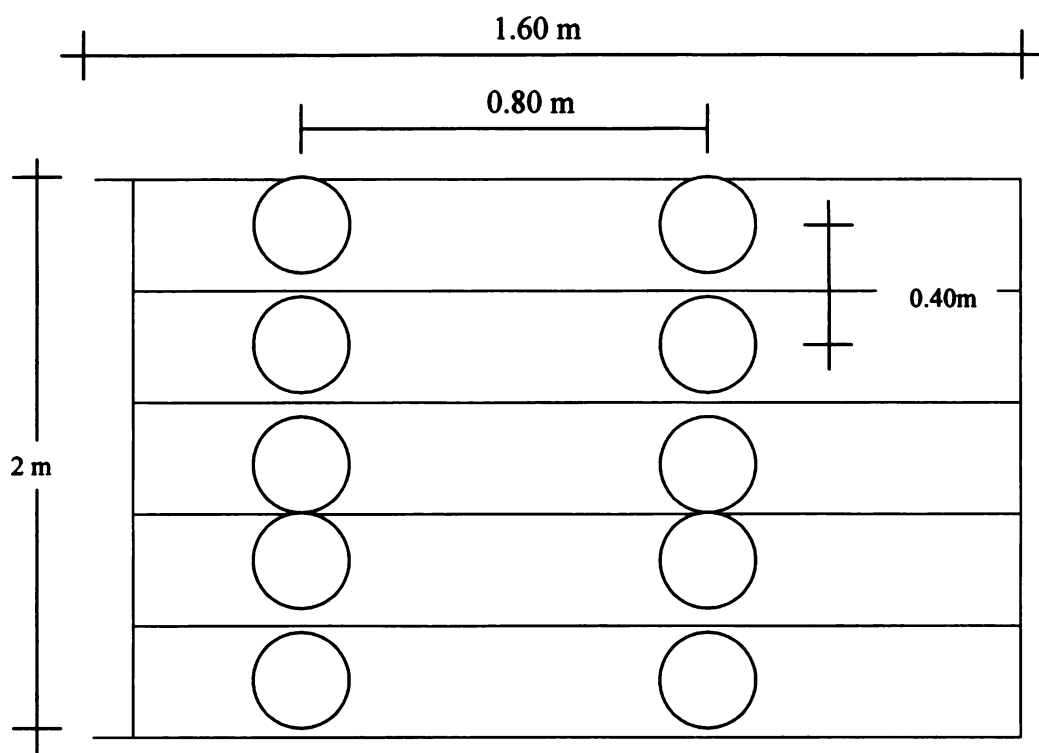


Fig. 2. Descripción de la parcela experimental



ESPECIFICACIONES

Área de las parcelas = 3.20 m²

No de surcos / parcela = 2

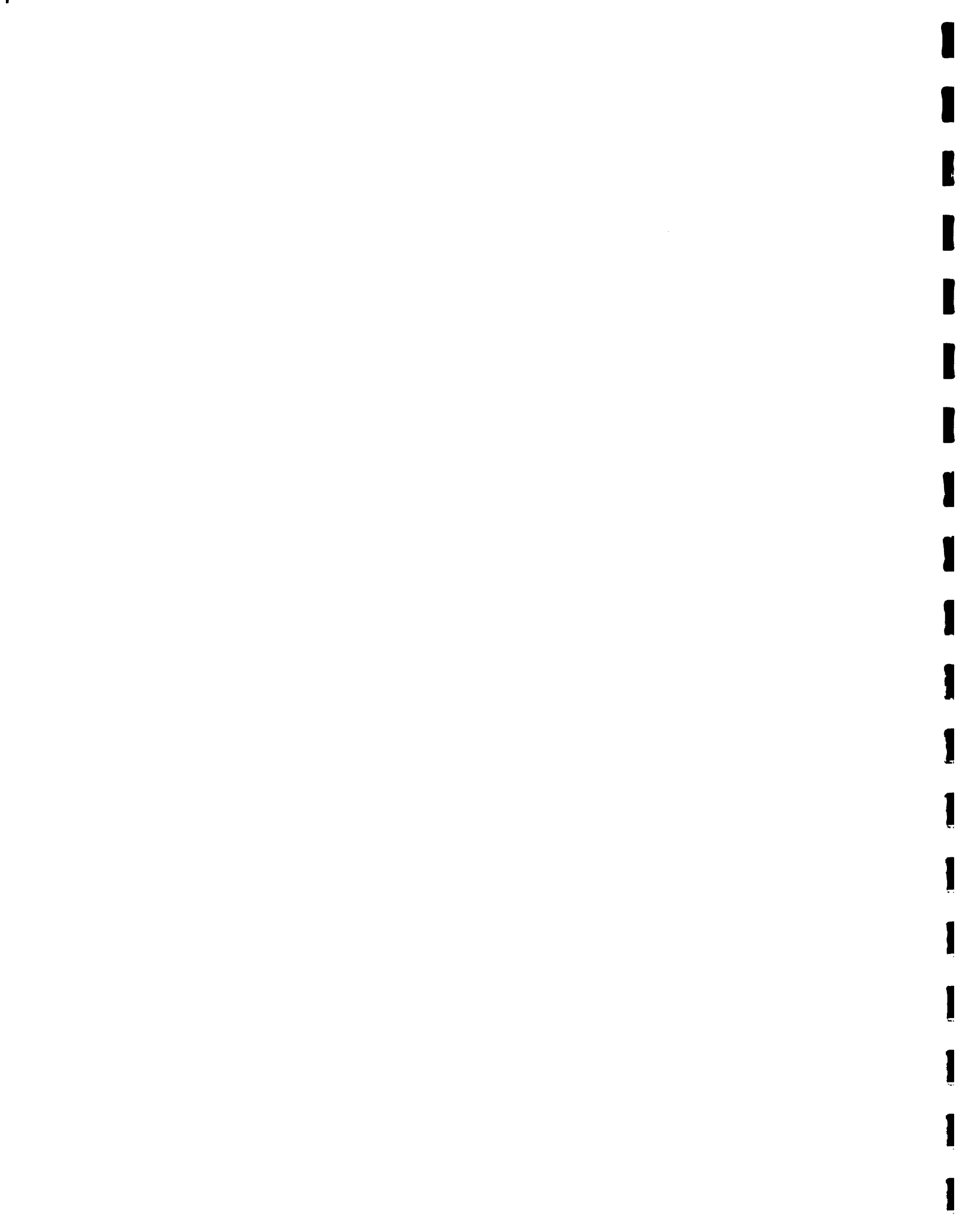
Long. Surco = 2 m

Distr. / Surcos = 0.80 m

Distr. / Plantas = 0.40 m

No. De plantas por parcela = 10

NOTA: Se hizo la extracción de plantas para la evaluación de variables cuantitativas: Indigotina y absorción de nutrientes; y para las variables agronómicas se tomaron los datos al azar, dentro de cada parcela.



5. RESULTADOS

5.1 Análisis químico del suelo

El suelo utilizado en la investigación fue un material procedente de terrenos de cafetal, cuya textura era Franco Arenosa, de color café y en estado húmedo color café oscuro.

En el cuadro 4 se presentan los resultados del análisis químico realizado en dos muestras de suelo, cuyo pH se encontró en el rango de moderadamente ácido (Prom.5.6), y se descartó que la acidez fuera por aluminio, ya que el análisis reportó de éste un nivel 0 Meq/100 cc, considerándose entonces que la acidez de estas muestras de suelo era por los iones H^+ disociados en la solución del suelo y los intercambiables que están retenidos en las arcillas.

En cuanto al fósforo, su cantidad promedio fue de 0.75 ppm lo cual indica que es muy baja su disponibilidad (tabla interpretación: de 0- 8 ppm, muy bajo), y se descarta la fijación por aluminio ya que este último no se refleja libre, por lo que hay que poner cierto énfasis en su disponibilidad para el cultivo de añil. Sin embargo potasio este se encuentra en una cantidad promedio de 327 ppm, que se asegura es muy altamente disponible (Tabla de interpretación: muy alto: > 200 ppm) que no es ninguna limitante.

Considerándose las bases del suelo, como el calcio y el magnesio estos se encontraron en un nivel alto (Niveles de referencia: Ca 4.1- 36 meq /100 ml y Mg 2.1 – 18 meq /100 ml)*, lo que no fue necesario aplicarlos. La relación Ca/Mg 3.05 y 5.57 es de media a muy alta (Niveles de referencia 2.1-5 y < 5)*, lo que reflejó que el suelo era de una moderada a alta fertilidad por la capacidad de retención de cationes de carga fija suministrando una proporción moderadamente equilibrada.

Es interesante la cantidad de materia orgánica que presentó el suelo, que es muy favorable para la retención y disponibilidad nutrientes, como puede verse con el calcio y magnesio que a pesar de que el suelo tenía un pH moderadamente ácido y textura franco arenosa, esos nutrientes no se han lavado, y de la misma manera aunque no se hizo el análisis de micro nutrientes se consideró confiable su disponibilidad por el alto porcentaje de la materia orgánica (> 7 %), por lo que en esta oportunidad no se aplicó en el ensayo.

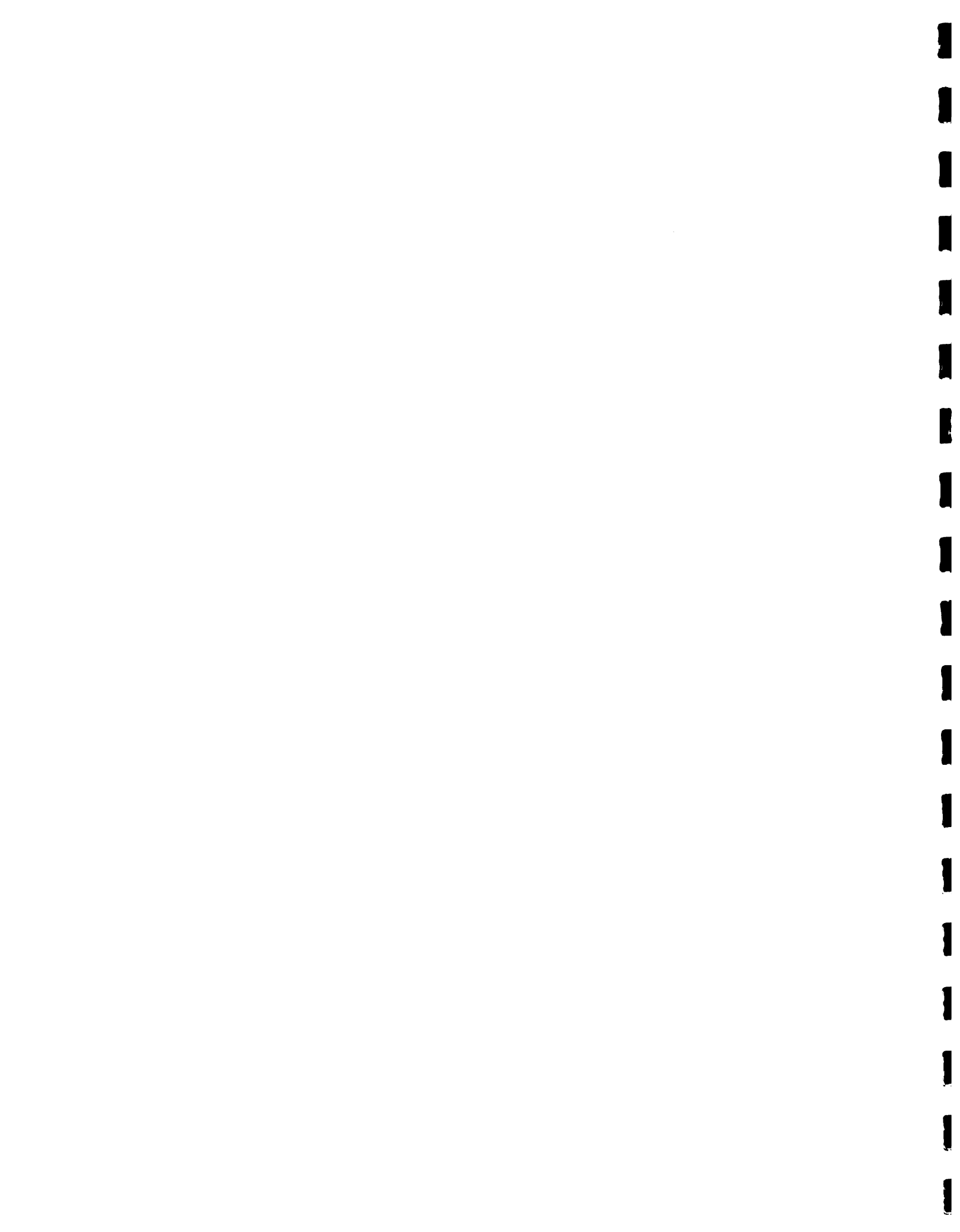
En cuanto al Nitrógeno no lo reportó el análisis, sin embargo por la inestabilidad que este presenta en el suelo, en la mayoría de la veces resulta ser bajo en su contenido.

Cuadro 4. Resultados del análisis químico de 2 muestras de suelo.

Muestra	Elemento							
	PH	P (ppm)	K (ppm)	Ca (meq/100cc)	Mg (meq/100cc)	Al (meq/100cc)	Act (meq/100cc)	M. O. (%)
1	5.7	0.9	526	10.0	3.27	0.0	2.4	+7
2	5.5	0.6	127	9.0	1.57	0.0	3.2	+7
Media	5.6	0.75	327	9.5	2.42	0.0	2.8	+7

Text. Tacto = F. A.

Se puede concluir que el suelo para el estudio de la fertilización de NPK en el añil estuvo primordialmente limitado por el Nitrógeno y el Fósforo, sin embargo estos nutrientes fueron aplicados, como parte de los elementos que se evaluaron en relación a la producción de indigotina.



*Fuente: Manual de Métodos de Análisis de suelos. CENTA 1993, y Módulo II: Uso correcto de los fertilizantes y la cal agrícola, UES, 1999 (Este último recopila los niveles de varios Laboratorios incluyendo PROCAFE, donde se hicieron los análisis)

5.2 Evaluación de la germinación de semilla de añil, 8 días después de la siembra.

Bajo condiciones de semillero, éstas germinaron 6 días después de la siembra, Los resultados según el cuadro 5 y figura 1, muestran que de 10 semillas sembradas, el mayor porcentaje de semillas germinadas corresponde 1 semilla; luego a 2 y 3 semillas; los más bajos porcentajes a 8, 9 y 10 semillas.

Si el análisis se hace en base a rangos (número de plantas germinadas) los mayores porcentajes corresponden a las clases de 0-1 (30% de plantas germinadas) y de 2-3 (40% de plantas germinadas); luego los más bajos son entre 6-7 (7.20%), 8-9 (1.40%) y de 10-11 (con un 0.20%).

Cuadro 5. Tabla de frecuencias del número de plantas germinadas a los 6 días.

No. clases Plantas germinadas	No. Plantas						Total plantas germinadas	Porcentaje %
	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11		
0	2	0	0	0	0	0	2	0.40
1	148	0	0	0	0	0	148	29.60
2	0	102	0	0	0	0	102	20.40
3	0	98	0	0	0	0	98	19.60
4	0	0	64	0	0	0	64	12.80
5	0	0	42	0	0	0	42	8.40
6	0	0	0	19	0	0	19	3.80
7	0	0	0	17	0	0	17	3.40
8	0	0	0	0	4	0	4	0.80
9	0	0	0	0	3	0	3	0.60
10	0	0	0	0	0	1	1	0.20
TOTALES	150	200	106	36	7	1	500	
Porcentaje (%)	30.00	40.00	21.20	7.20	1.40	0.20		

Al evaluar las estadísticas de la población muestreada se determinó que el rango de germinación varió entre 0 y 10 semillas germinadas por tubete; se determinó que en promedio están germinando 2.83 semillas de 10 que se siembran. La variabilidad respecto a la media, según la desviación estándar es de 1.807% y en términos del coeficiente de variabilidad es del 64.01% (C.V.=1.807/2.828) lo cual se califica estadísticamente como de significación dudosa. Esta alta variabilidad puede deberse a problemas que tiene la semilla para germinar, las cuales deberán investigarse posteriormente, tomándose en cuenta que esta germinación ha sido en condiciones de semillero, por lo que será necesario evaluarse en las condiciones de terreno, tal como lo hace el agricultor, en donde la germinación dependerá de la preparación del terreno, de la profundidad de siembra y las condición de humedad del suelo.

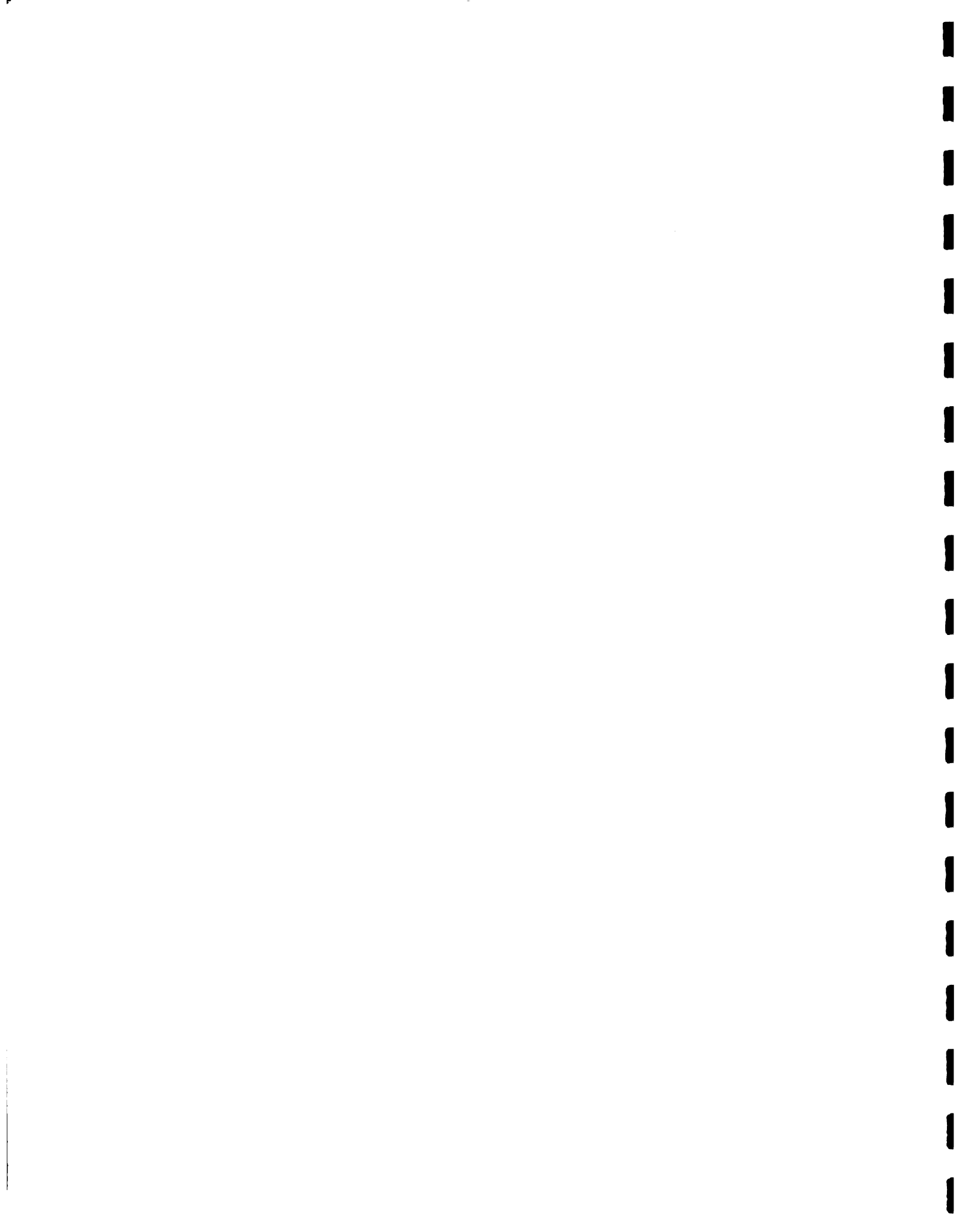
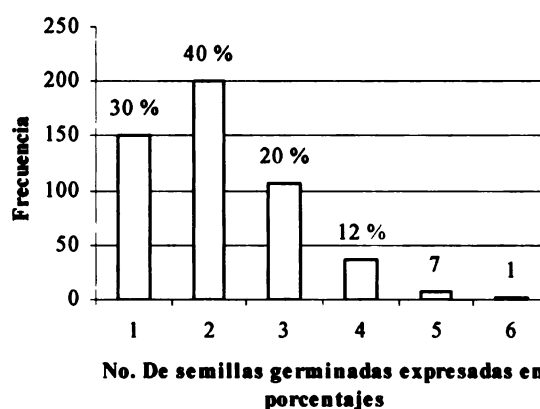


Fig. 3 Evaluación de la germinación del añil en tubete

No. semillas germinadas /tubete	Frecuencia	Porcentaje (%)
1	150	30.00
2	200	40.00
3	106	21.20
4	36	7.20
5	7	1.40
6	1	0.20
Total	500	100.00



5. 3 Altura de plantas de añil, en centímetros

La variable altura de plantas se evaluó en tres períodos: 60, 90 y 120 días después de la siembra. El análisis de varianza (ANVA) reflejó para el factor Nitrógeno, un efecto igual hasta la edad de 90 días, pero hubo diferencias significativas al 5 % de probabilidad a los 120 días ($F_{cal} = 3.35^*$); de acuerdo a la prueba de Duncan, la media de altura de los niveles N1 (47.3 cm), N2 (47.8cm) y N3 (47.4 cm) produjeron efectos iguales en la altura de plantas respecto a la no aplicación de Nitrógeno (N0= 44.4 cm).

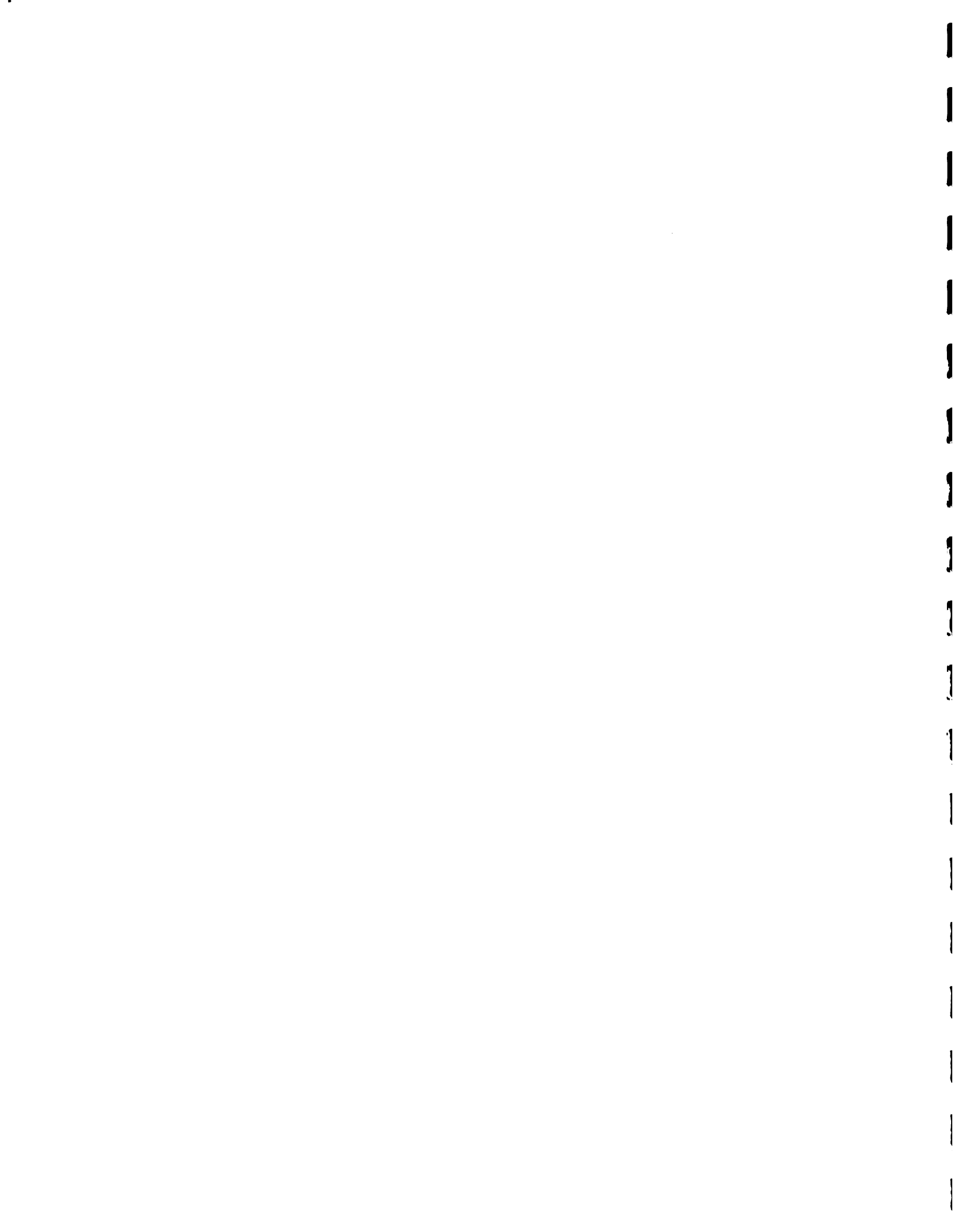
Respecto al fósforo aplicado, el efecto fue altamente significativo en los tres períodos evaluados. Si se consideran los resultados a los 120 días de edad, el ANVA reflejó un valor de "F" calculada = 45.87*** cuya diferencia significativa al uno por mil y según Duncan los niveles P1 (49.3 cm), P2 (50.1 cm) y P3 (49.4 cm), su efecto es igual en la altura de las plantas entre ellas y significativa en relación a la no aplicación (38.2 cm). Se observa que el fósforo produjo mayor efecto en la variable altura en relación al Nitrógeno.

En cambio para potasio el análisis de ANVA mostró un efecto no significativo en las tres edades del cultivo; lo cual significa que la variable altura responde igual a la no aplicación de potasio P0= 47.1 cm) en relación cuando este se aplica (K1 = 48.1 cm, K2 = 45.6 cm y K3 = 46.3cm), bajo esta condiciones en que se desarrolló el experimento.

La interpretación antes planteada puede observarse en el siguiente cuadro, que presenta los resultados según el diseño empleado

CUADRO 6 Análisis de varianza para altura de plantas en centímetros a los 120 días de edad del cultivo

Factor de var.	G.L.	S.C.	C.M.	F Calc	Probab.
Factor N	3	228.99	76.33	3.35*	0.025
Factor P	3	3138.71	1046.24	45.87***	0.000
Factor K	3	115.67	38.56	1.69 ^{n.s.}	0.178
Int. NxP	9	481.24	53.47	2.34*	0.024
Int. NxK	9	324.75	36.08	1.58 ^{n.s.}	0.140
Int. PxK	9	235.63	26.18	1.15 ^{n.s.}	0.344
Int. NxPxK	27	732.81	28.99	1.27 ^{n.s.}	0.215
Error Exp.	63		22.81		



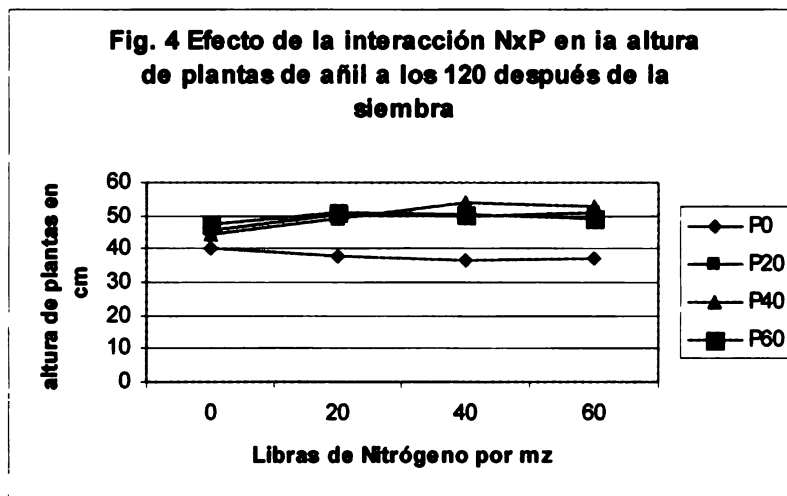
Coefficiente de variación 10.22 %

Al estudiar la relación de cualquier nivel de Nitrógeno respecto a los niveles de Fósforo (Interacción NxP), el análisis de varianza mostró que a los 60 y 90 después de la siembra, no hay dependencia entre los niveles de dichos factores; es decir, que hasta la edad de 90 días ambos factores trabajan en forma independiente en la altura de las plantas (F Cal. 60 días =1.28 ^{n.s.} y F cal. 90 días =1.04 ^{n.s.}), pero a los 120 días se encontró diferencia significativa al 5 % de probabilidad (F calc. =2.34*), lo cual indica que a esta edad cualquier nivel de nitrógeno está dependiendo de las aplicaciones de fósforo. Según el cuadro 7a para la interacción NxP, y la Fig. 4 la mayor dependencia se refleja en los niveles N2 y N3 de Nitrógeno respecto al nivel P2 de Fósforo.

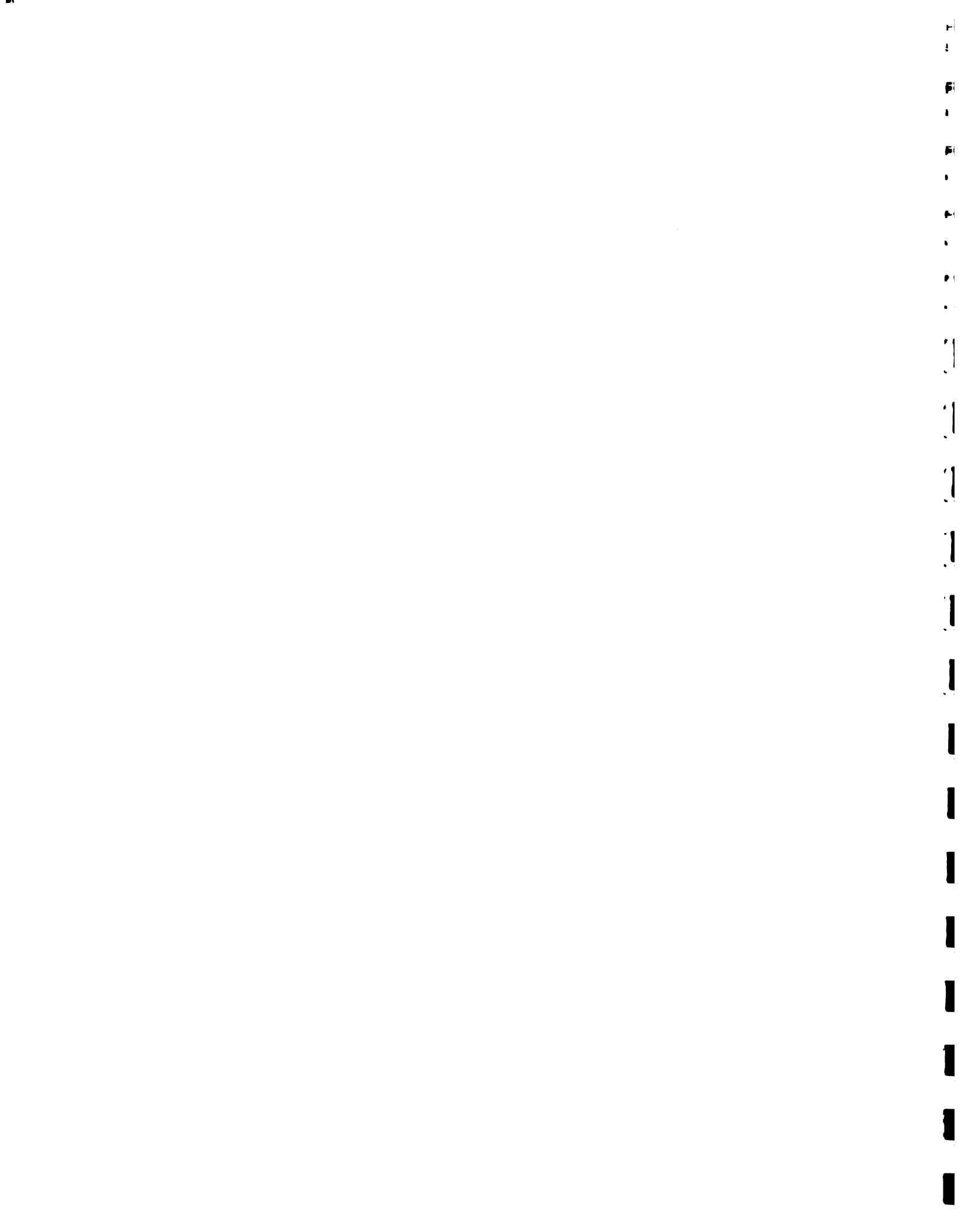
CUADRO7. Efecto de N, P y K, en diferentes dosis, en la altura de plantas de añil (cm) a los 120 días después de la siembra

Cuadro7a. Interacción N x P

N	P				Prom
	P0	P1	P2	P3	
N0	40.46	45.71	44.38	47.21	44.44
N1	38.00	50.58	49.38	51.29	47.31
N2	36.83	50.00	54.09	50.13	47.76
N3	37.42	50.71	52.54	49.08	47.44
Prom	38.18	49.25	50.09	49.43	46.74

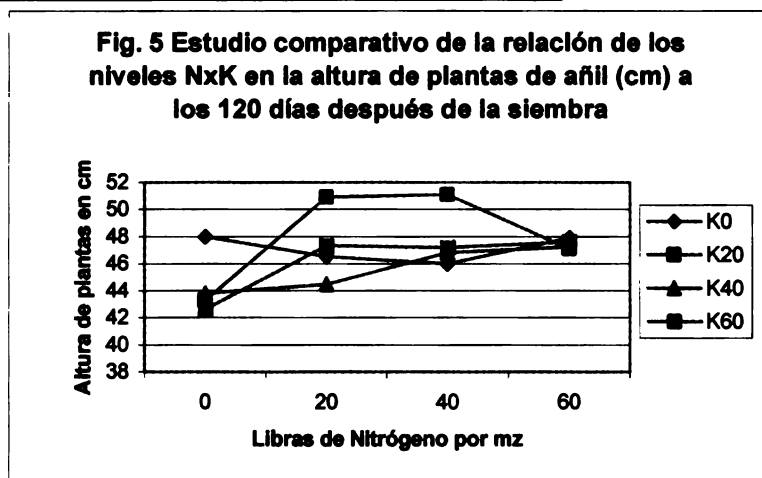


El comportamiento de los niveles de K en relación al N, su efecto en la altura de la plantas se demuestra estadísticamente que los niveles de Potasio, no dependen del efecto del Nitrógeno, tal como se muestra en el cuadro de ANVA; Cuadro de interacción NxK y fig.5 Podemos observar nuevamente que el N no depende de las aplicaciones de K; ambos elementos actúan de manera independiente en el crecimiento del cultivo, según se observa para los 60, 90 y 120 días después de la siembra.



Cuadro 7b. Interacción N*K

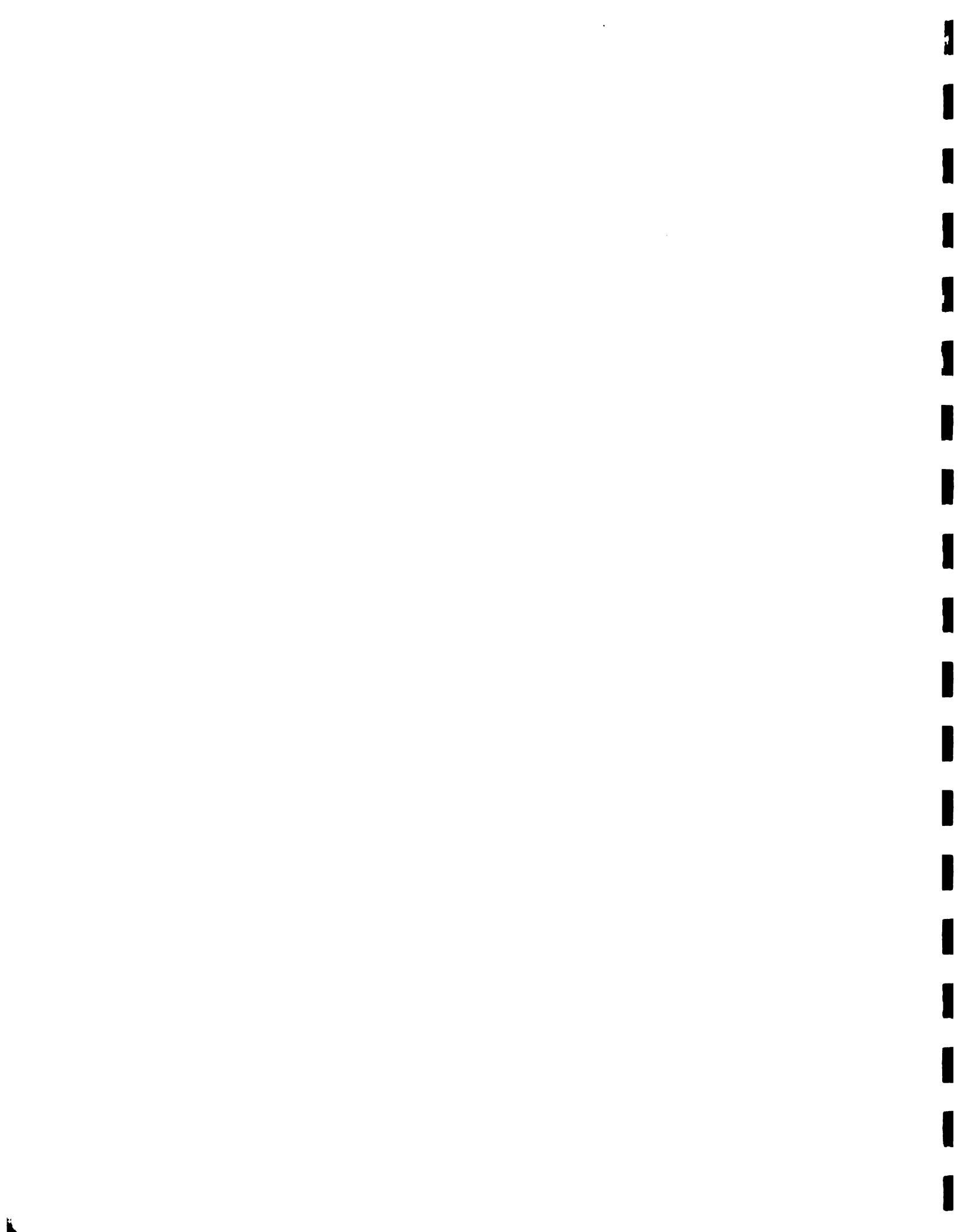
N	K				Prom
	K0	K1	K2	K3	
N0	48.00	43.29	43.83	42.63	44.44
N1	46.50	50.92	44.50	47.34	47.31
N2	46.00	51.09	46.79	47.17	47.76
N3	47.88	47.09	47.21	47.59	47.44
Prom	47.10	48.10	45.58	46.18	46.74

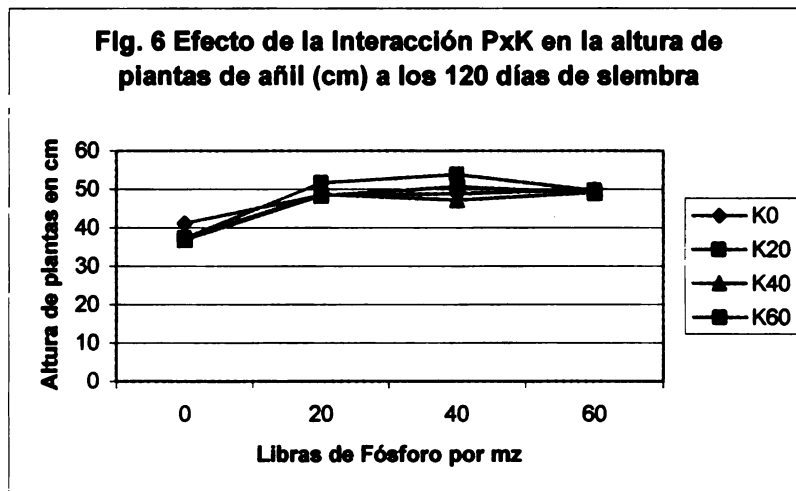


El análisis de varianza para la interacción PxK, mostró que existe independencia de cualquier nivel de P respecto a los niveles de K, a los 60, 90 y 120 días sobre la altura de las plantas. En el cuadro de ANVA para la edad de 120 días "F cal" = 1.15 ^{n.s.}; lo cual indica que cualquier dosis de P no es influenciada por las aplicaciones de K; ambos elementos trabajan de forma independiente en el crecimiento del añil. Este comportamiento se muestra en el cuadro 7c de interacción PxK y la Fig.6, descritas a continuación.

Cuadro 7c Interacción P*K

P	K				Prom
	K0	K1	K2	K3	
P0	41.09	37.38	37.38	36.88	38.18
P1	48.42	51.59	48.71	48.29	49.25
P2	48.83	53.79	47.13	50.63	50.09
P3	50.04	49.63	49.12	48.92	49.43
Prom	47.10	48.10	45.58	46.18	46.74





5.4 Efecto del Nitrógeno, Fósforo y Potasio, en el diámetro, en cm. de plantas de añil, a los 120 días

El comportamiento del diámetro de tallo a los 120 días de edad del cultivo fue afectado significativamente al 1 % de probabilidad por la aplicación de fertilizante a base de N y P. Los resultados según el ANVA para N ($F_{cal} = 4.72^{**}$) y al 1 mil para P ($F_{cal} = 33.01^{***}$).

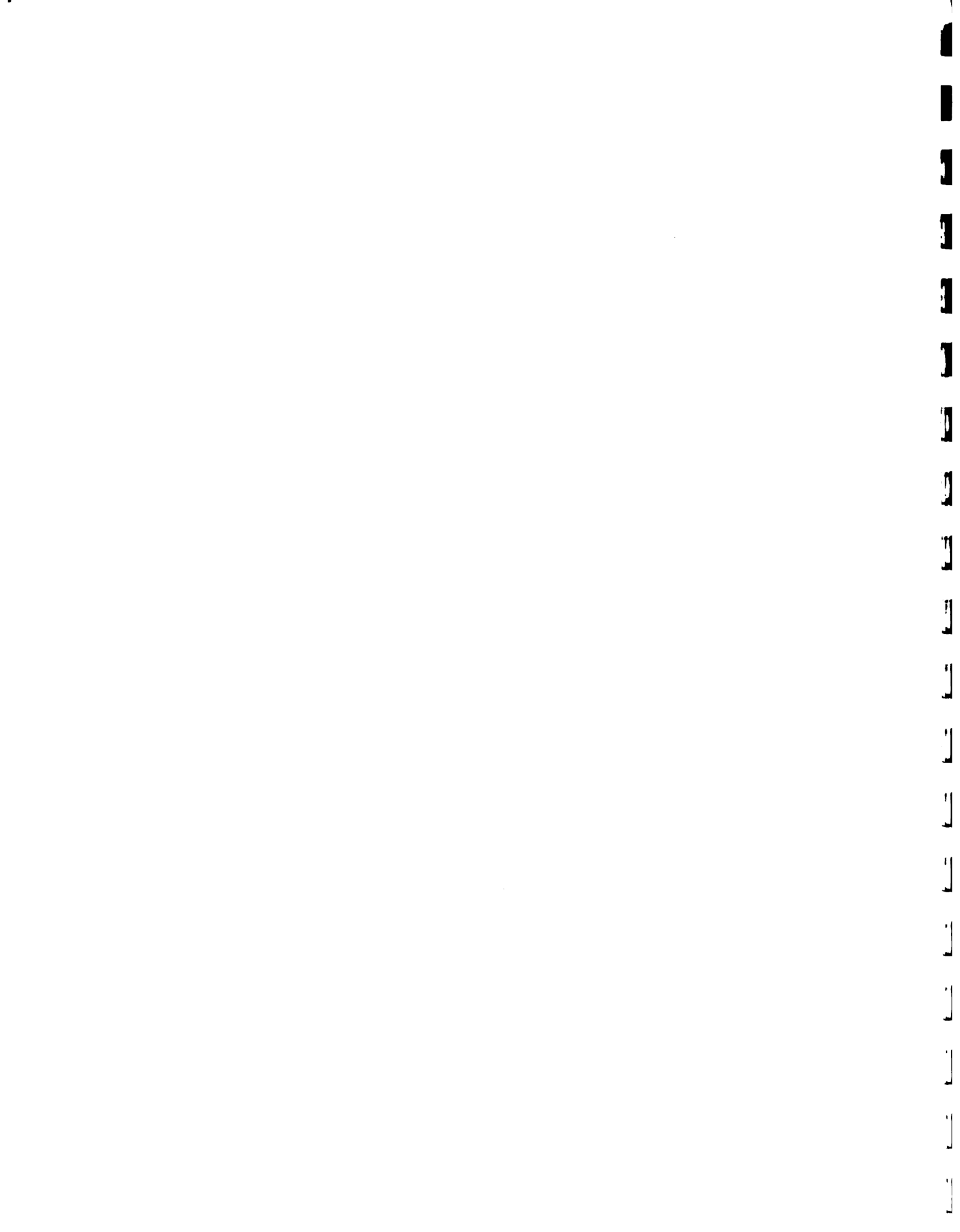
El comportamiento de los promedios de las dosis de ambos factores; según Duncan, muestra para N que los niveles N1, N2 y N3 produjeron efectos iguales: N1 (0.40 cm) = N2 (.47 cm) = N3 (0.47 cm). Para fósforo sucede la misma situación: P1 (0.47 cm.) = P2 (0.50cm); en cambio para K no se encontró diferencia significativa; es decir que las dosis de K, en su efecto fue igual en el diámetro de la planta respecto de la no aplicación. Dicho comportamiento se puede observar estadísticamente en el cuadro 8.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo de plantas de añil a los 120 días después de la siembra.

Factor de var.	G.L.	S.C.	C.M.	F calc.	Probab.
Factor N	3	0.039	0.013	4.75**	0.0049
Factor P	3	0.273	0.091	33.01***	0.0000
Factor K	3	0.013	0.004	1.52 ^{n.s.}	0.114
Int. NxP	9	0.042	0.005	1.04 ^{n.s.}	0.218
Int. NxK	9	0.026	0.003	0.52 ^{n.s.}	0.4166
Int. PxK	9	0.013	0.001	0.81 ^{n.s.}	
Int. NxPxK	27	0.060	0.002		
Error Exp.	63	0.174	0.003		

Coeficiente de variación = 11.54 %

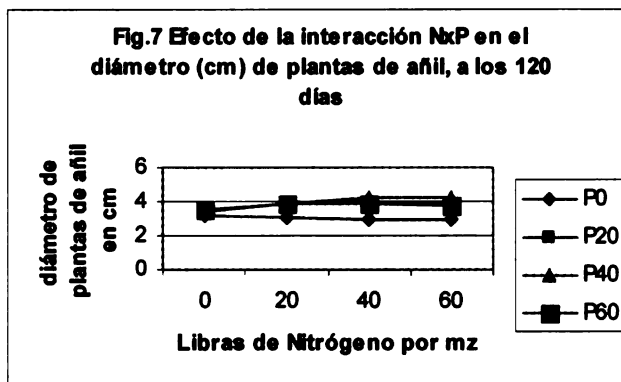
Respecto a las interacciones N x P ($F_{cal} = 1.04^{n.s.}$), N x K ($F_{cal} = 1.52^{n.s.}$) y P x K ($f_{cal} = 0.52^{n.s.}$), según análisis de varianza la acción de los niveles N actúan independientemente del efecto P y K; además cualquier nivel de N, también actúa independientemente del K.



De los tres factores N, P y K, el Fósforo ejerció una mayor influencia que el nitrógeno, el menor efecto se debió al potasio. Lo expresado anteriormente se observa en los cuadros de doble entrada para dichas interacciones y gráfico 7 correspondientes

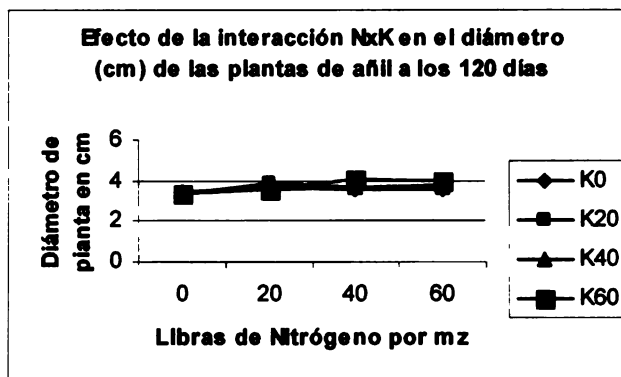
Interacción N*P

N	P				Prom
	P0	P1	P2	P3	
N0	3.12	3.38	3.53	3.58	3.40
N1	3.06	3.86	3.92	3.87	3.68
N2	2.91	3.88	4.25	3.87	3.73
N3	2.99	3.92	4.28	3.82	3.75
Prom	3.02	3.76	4.00	3.79	



Interacción N*K

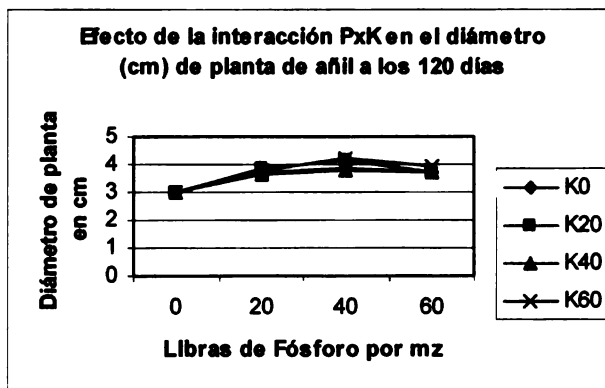
N	K				Prom
	K0	K1	K2	K3	
N0	3.49	3.38	3.39	3.35	3.40
N1	3.69	3.88	3.53	3.61	3.68
N2	3.53	3.70	3.65	4.03	3.73
N3	3.61	3.80	3.62	3.98	3.75
Prom	3.58	3.69	3.55	3.74	



K F cal, 1,52 n.s. N*K; F cal= 1,04 n.s.

Interacción P*K

P	K				Prom
	K0	K1	K2	K3	
P0	3.02	3.02	3.02	3.02	3.02
P1	3.74	3.83	3.67	3.80	3.76
P2	3.84	4.17	3.76	4.21	4.00
P3	3.72	3.74	3.74	3.94	3.79
Prom	3.58	3.69	3.55	3.74	



P*K; focal = 0,52 n.s.



5.5 Número de brotes promedio por planta/ tratamiento, a los 90 días de edad del cultivo

El comportamiento de la variable número de brote por planta fue diferente, bajo las condiciones en que se desarrolló el experimento, en bolsa y riego manual. El Análisis de varianza (cuadro 9) refleja que los factores que mayor influencia manifestaron fueron el N y P. el Nitrógeno manifestó diferencias significativas al 1 % de probabilidad ($F_{cal} = 8.29^{***}$) en cambio el fósforo sus diferencias fueron al 1 ‰ ($F_{cal} = 58.90^{***}$); se reflejó que el factor que más influye en esta variable es el fósforo; en segundo lugar el Nitrógeno. En relación al potasio, el análisis estadístico muestra que este no produjo ningún efecto ($F_{cal} = 0.48^{n.s.}$). el comportamiento de dichos factores podemos observarlos en el siguiente cuadro de ANVA,

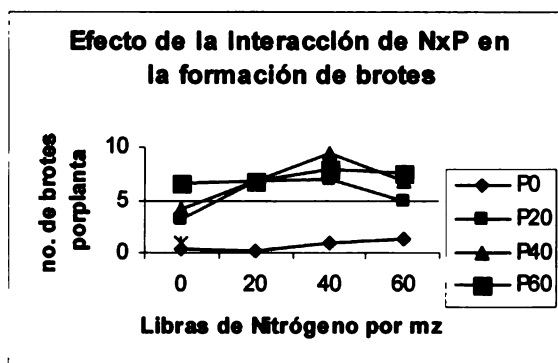
Cuadro 9. Análisis de varianza para diámetro, promedio de plantas, a los 120 días de edad.

Factor de var.	G.L.	S.C.	C.M.	F Calc	Probab.
Factor N	3	120.28	40.09	8.29***	0.0001
Factor P	3	855.03	285.01	58.90***	0.0000
Factor K	3	7.03	2.34	.048 ^{n.s.}	-
Int. NxP	9	84.41	9.38	1.94*	0.062
Int. NxK	9	64.91	7.21	1.49 ^{n.s.}	0.171
Int. PxK	9	36.91	4.10	0.85 ^{n.s.}	-
Int. NxPxK	27	132.16	4.90	1.05 ^{n.s.}	0.47
Error Exp.	63	304.88	4.84		

En relación a la interacción de los niveles de los factores, la acción de los niveles Nitrógeno es efectiva en la medida que se incrementan las dosis de fósforo a la planta; puede observarse en el cuadro de interacción de NxP , que con dosis baja de nitrógeno y fósforo, el número de brotes es bajo; pero se incrementan los brotes en la medida en que se aumentan las dosis de N y P

Cuadro Interacción NxP

N	P				
	P0	P1	P2	P3	Prom
N0	0.38	3.13	4.13	6.63	3.56
N1	0.25	6.75	6.88	6.75	5.16
N2	0.88	7.00	9.38	7.88	6.28
N3	1.38	4.88	6.88	7.63	5.18
Prom	0.72	5.44	6.81	7.22	5.07

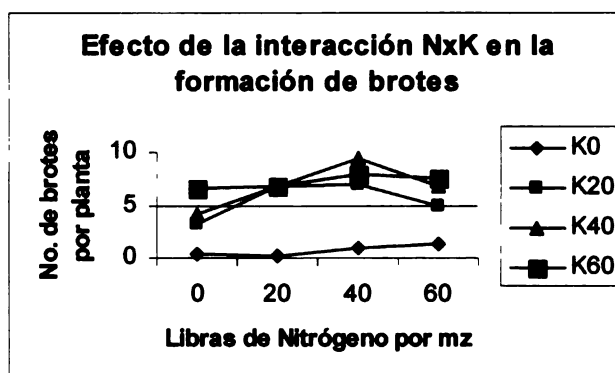




La tabla de ANVA muestra además que entre el nitrógeno y potasio no hay interacción; es decir, que el efecto que produzca cualquier nivel de nitrógeno en el número de brotes es independiente del efecto del potasio y viceversa. Tal comportamiento se observa en el cuadro de interacción NxK y el gráfico correspondiente.

Cuadro de Interacción NxK

N	k				
	k0	k1	k2	k3	Prom
N0	0.38	3.13	4.13	6.63	3.56
N1	0.25	6.75	6.88	6.75	5.16
N2	0.88	7.00	9.38	7.88	6.28
N3	1.38	4.88	6.88	7.63	5.18
Prom	0.72	5.44	6.81	7.22	5.07

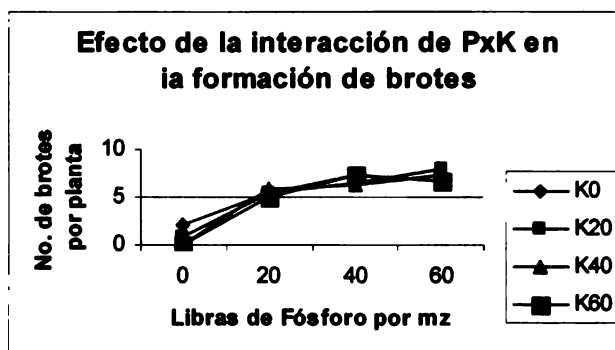


El gráfico muestra que niveles bajo de N relacionados con niveles bajos de K, tienden a tener igual formación de brotes; lo mismo sucede con niveles altos de ambos elementos.

Si se relacionan los niveles de fósforo y potasio, el análisis de ANVA muestra que ambos elementos trabajan de forma independiente en la formación de brotes, tal como se muestra en el cuadro de interacción y gráfico respectivo.

Cuadro de Interacción PxK

N	k				
	k0	k1	k2	k3	Prom
P0	2.12	0.75	0.00	0.00	0.72
P1	5.38	5.50	5.88	5.00	5.44
P2	7.25	6.38	6.25	7.38	6.81
P3	6.75	8.00	7.38	6.75	7.22
Prom	5.38	5.16	4.88	4.78	5.07



El mismo comportamiento se muestra en el gráfico para la interacción P x K; el número de brotes es igual en niveles de P y K; e igual para niveles altos de ambos elementos.

5.6 Desarrollo del sistema radicular, por efecto de la fertilización Nitrogenada, Fosfórica y potásica, a los 120 días de edad del cultivo.

el comportamiento del desarrollo del sistema radicular, se realizó con el propósito de medir el efecto del N;P; y K aplicado al suelo en dosis de 0, 20, 40 y 60 lib/mz.

Se consideraron como criterios la evaluación de la profundidad que alcanzó el penacho y características de la raíz respecto a la densidad de formación de raíces de sostén y absorción.

Los resultados de las comparaciones fueron sobre los siguientes tratamientos:



Cuadro 10. Tratamientos con Nitrógeno y sin aplicaciones de P y K

Tratamientos	Profundidad (cm.)		Características
	Raíces	Penacho	
N0 P0 K0	37	No	Escasa formación de raíces de absorción.
N1 P0 K0	42	14	Alta formación de raíces y distribuidas en profundidad
N2 P0 K0	45	10	Raíces de sostén más gruesas y formación muy alta de raíces de absorción en forma de penacho
N3 P0 K0	25	No	Baja formación de raíces y cortas comparadas a la no aplicación de nitrógeno. y las raíces de sostén son muy delgadas

Respecto a la longitud de las raíces, su crecimiento está relacionado con la cantidad de nitrógeno aplicado, y a medida que se aumenta el nitrógeno, el crecimiento es mayor, pero una alta cantidad de nitrógeno (60 lb/mz) puede también inhibir el crecimiento radicular.

Cuadro 11. Tratamientos con Fósforo y ausencia de N y K

Tratamientos	Profundidad (cm.)		Características
	Raíces	Penacho	
N0 P0 K0	37	No	Escasa formación de raíces de absorción.
N0 P1 K0	46	6	Baja formación de raíces aunque se observan raíces de sostén.
N0 P2 K0	51	10	Muy alta formación de raíces de absorción en forma de penacho y de sostén más gruesas.
N0 P3 K0	42	10	Muy alta formación de raíces absorción en forma penacho y raíces de sostén.

Respecto a la aplicación de fósforo en forma individual, se observa que el efecto de la fertilización fosfórica juega un papel importante en el desarrollo de las raíces, dándose un mayor desarrollo con el nivel P2 (60 lb./mz), aunque el nivel P3 un poco más corto pero con mejor desarrollo.

Cuadro 12 Tratamientos con Potasio y sin aplicación de N y P

Tratamientos	Profundidad (cm.)		Características
	Raíces	Penacho	
N0 P0 K0	37	No	Escasa formación de raíces de absorción.
N0 P0 K1	33	No	Moderada formación de raíces de sostén y baja formación de raíces de absorción.
N0 P0 K2	39	No	Baja formación de raíces de sostén y de absorción.
N0 P0 K3	30	11	Alta formación de raíces y de sostén y de absorción y homogéneas en longitud.

En profundidad parece que el potasio tiene mayor longitud el tratamiento K2, sin embargo el tratamiento K1 muestra un mejor desarrollo, principalmente en el grosor, pero aún es mejor el nivel K3 en la formación de raíces de absorción.



Cuadro 13. Tratamientos con dosis constante de Fósforo (P2) y variación en los niveles de Nitrógeno, sin aplicar K.

Tratamientos	Profundidad (cm.)		Características
	Raíces	Penacho	
N0 P2 K0	51	10	Alta formación de raíces de sostén y de absorción con homogeneidad en profundidad.
N1 P2 K0	40	11	Alta formación de raíces de absorción, formando penacho y raíces de sostén distribuidas en profundidad.
N2 P2 K0	43	12	Alta formación de raíces de sostén y moderada formación muy de raíces de absorción con poco penacho
N3 P2 K0	32	13	Muy alta formación de raíces de absorción y cortas comparadas a los tratamientos anteriores.

Se observa que al combinar el nitrógeno en sus niveles de N0, N1 y N2 con el nivel P2, las raíces tuvieron un mayor crecimiento; pero este fue menor con el nivel más alto de Nitrógeno (60 lb/mz), además se observa que el sistema radicular se modifica respecto a la formación del penacho de las raíces de absorción y las raíces de sostén.

Cuadro 14. Tratamientos con cantidad constante de Fósforo y variación de los niveles de Nitrógeno y Potasio.

Tratamientos	Profundidad (cm.)		Características
	Raíces	Penacho	
N0 P0 K0	37	No	Escasa formación de raíces de absorción.
N1 P0 K1	33	14	Escasa formación de raíces de absorción
N2 P0 K2	38	13	Baja formación de raíces de absorción.
N3 P0 K3	47	9	Baja formación de raíces de absorción

Se observa que la carencia de fósforo en el suelo desarrolla un sistema radicular pobre en todos los tratamientos. La mayor profundidad de raíces se produjo en los niveles altos de nitrógeno y potasio (60 lb/mz), en cambio en los niveles 0, 20, 40 lb/mz se mantuvo similar. Sin embargo el desarrollo es tan pobre siendo el fósforo la limitante del desarrollo radicular en este estudio.



Cuadro 15. Tratamientos con nivel constante de fósforo (P2) comparado con las variaciones de los niveles de Potasio

Tratamientos	Profundidad (cm.)		Características
	Raíces	Penacho	
N0 P2 K0	51	No	Poca formación de raíces de sostén y de absorción con homogeneidad en profundidad, pero sin penacho.
N0 P2 K1	38	12	Moderada formación de raíces de sostén gruesas pero baja formación de raíces de absorción y cortas, formando poco penacho.
N0 P2 K2	35	10	Alta formación de raíces de sostén y moderada formación de raíces de absorción y cortas en la zona del cuello, pero vuelve a formarse en los extremos de las raíces de sostén a mayor profundidad.
N0 P2 K3	31	14	Muy alta formación de raíces de absorción y homogéneas en profundidad, junto con las de sostén.

En este caso, se desarrolla mayor longitud de raíces con el nivel solo de fósforo respecto a las aplicaciones combinadas de este elemento con el potasio, sin embargo la formación de raíces de sostén es con los niveles P2K1 y P2K2, más aún es la formación de raíces de absorción con el nivel P2K3, aunque se nota que la presencia de Nitrógeno limita el desarrollo radicular

Cuadro 16. Efecto de las variaciones de los niveles de Nitrógeno y Potasio combinado el nivel constante de fósforo (P3= 60 lb).

Tratamientos	Profundidad ((cm.)		Características
	Raíces	Penacho	
N0 P3 K0	34	No	Alta formación de raíces de sostén y de absorción con homogeneidad en profundidad, pero sin penacho.
N1 P3 K1	48	8	Alta formación de raíces de sostén gruesas pero moderada formación de raíces de absorción y cortas, formando penacho.
N2 P3 K2	30	No	Baja formación de raíces de sostén y de absorción, sin formación de penacho.
N3 P3 K3	28	8	Alta formación de raíces de absorción y homogéneas en profundidad, junto con las de sostén, hay formación de penacho.

En estas combinaciones de ir incrementado los niveles de nitrógeno y potasio, se desarrolla un conformación radicular aceptable con los niveles bajos de N y K sin embargo en los niveles altos se inhibe el crecimiento.



Cuadro 17. Tratamientos a las mismas concentraciones de N, P y K (0, 20, 40 y 60 lb/mz)

Tratamientos	Profundidad ((cm.)		Características
	Raíces	Penacho	
N0 P0 K0	37	no	Escasa formación de raíces de absorción.
N1 P1 K1	33	12	Muy Alta formación de raíces de absorción, formando penacho y raíces de sostén distribuidas en profundidad.
N2 P2 K2	34	10	Moderada formación de raíces de sostén y moderada formación de raíces de absorción con poco penacho
N3 P2 K3	28	8	Moderada formación de raíces de absorción y cortas comparadas a los tratamientos anteriores (20 y 40 lb/mz).

En estas combinaciones, el tratamiento de 20 lb/mz presenta una homogeneidad en la formación de raíces, que en los otros tratamientos que son más desuniformes entre la formación de raíces de sostén y las de absorción.

5.7 Producción de biomasa.

La producción de materia verde (biomasa) se evaluó en dos edades del cultivo, a los 90 y 120 días después de la siembra. El análisis de varianza (ANVA) muestra que existe diferencia significativa, al 1% de probabilidad, en la cantidad de biomasa por planta y siendo mayor a los 120 días. Si consideramos el efecto de la aplicación de "N" este es significativo al 5% de probabilidad ($F_{cal} = 3.18$) y mediante la prueba de DUMCAN se observa que los niveles con 20 lbs. (N) y 40 (N2) lb. Fueron los efectivos en la producción de biomasa, produciendo en promedio 48.54 gr. Y 57.21 gr. De biomasa, respectivamente. La menor producción se manifiesta con el nivel más alto de X/3 (60 lb) y la no aplicación de este elemento, cuyos rendimientos promedios fueron: 44.87 gr. Para N3 y 44.081 gr. Para N0.

En relación a la aplicación de "P", el ANVA reflejó efectos significativos de este elemento en la producción de biomasa, al 1% de probabilidad ($F_{cal} = 21.77^{**}$) y según DUMCAN, la producción es igual, si la planta se fertiliza con los niveles P1 (20 lb), P2 (40 lb) y P3 (60 Lb), siendo el rendimiento promedio el siguiente P1 = 52.21 gr., P2 = 60.69 gr y P3 = 55.85 gr; el más bajo rendimiento se obtuvo con la no aplicación de P.

Al analizar el comportamiento del potasio, éste no produjo efectos significativos en la biomasa de la planta, cuando se aplica en las dosis de 20 (N1), 40 (N2) y 60 (N3) lb., respecto a la no aplicación (N0 = 0. lb) ($F_{cal} = 1.05$ NS).

El comportamiento de los elementos N, P, K en la biomasa de la planta se muestra en el siguiente cuadro de ANVA,



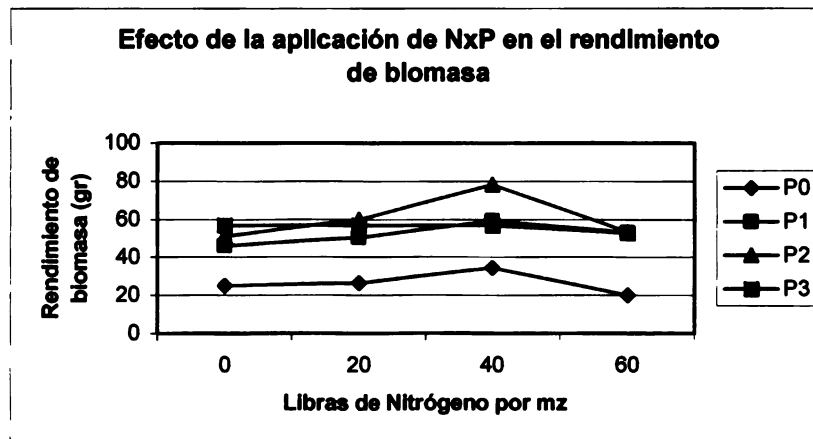
Cuadro 18. Análisis de varianza que refleja el comportamiento de la aplicación de N, P, K, en la producción de biomasa de plantas de añil.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal	Probabilidad
Bloques	1	46401.24	46401.24	135.32 **	0.0000
Efecto N	3	3273.01	1091.00	3.18 *	0.029
Efecto P	3	22394.67	7464.89	21.77 **	0.0000
Efecto K	3	1076.65	358.88	1.05 N.S.	0.378
Int. NxP	9	2032.22	225.80	0.66 N.S.	
Int. NxK	9	1664.91	184.99	0.54 N.S.	
Int PxK	9	1722.38	191.38	0.56 N.S.	
Int. NXpXK	27	4979.34	184.42	0.5378	
Error Exp.	63	21603.38	342.91		

El cuadro de ANVA, muestra que no existe interacción entre NxP, NxK y PxK, lo cual indica que la acción del N es independiente del contenido de K y P presentes en el suelo. Además se refleja que la acción del Fósforo no depende del Potasio disponible en el Sustrato; tal como se observa en los cuadros para las interacciones y gráficos respectivos.

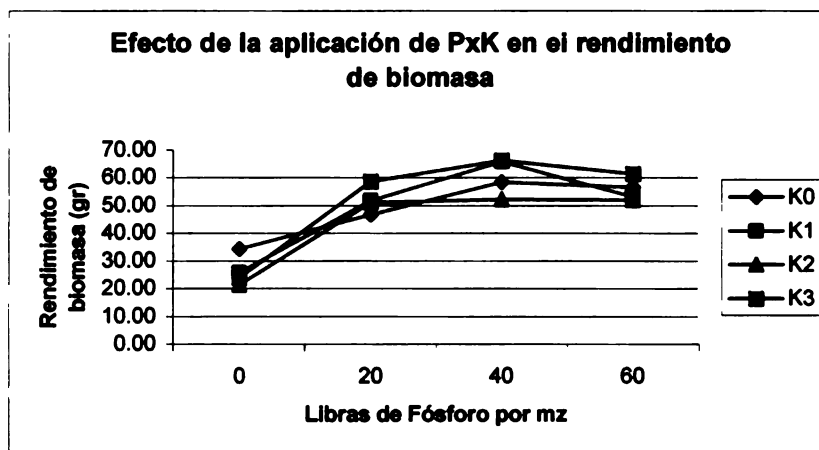
Interacción NxP

N	P				Promedio
	P0	P1	P2	P3	
N0	25,06	46,2	51,09	56,9	44,81
N1	26,28	50,37	59,92	56,8	48,35
N2	34,44	59,18	78,34	56,88	57,21
N3	20,21	53,07	53,4	52,81	44,87
Promedio	26,50	52,21	60,69	55,85	48,81



Interacción NxK

N	K				Promedio
	K0	K1	K2	K3	
N0	42,71	39,13	48,06	49,36	44,81
N1	44,98	54,04	43,36	50,50	48,35
N2	62,00	58,61	46,79	61,45	57,21
N3	46,58	44,88	39,00	49,03	44,87
Promedio	49,07	49,17	44,43	52,58	48,81

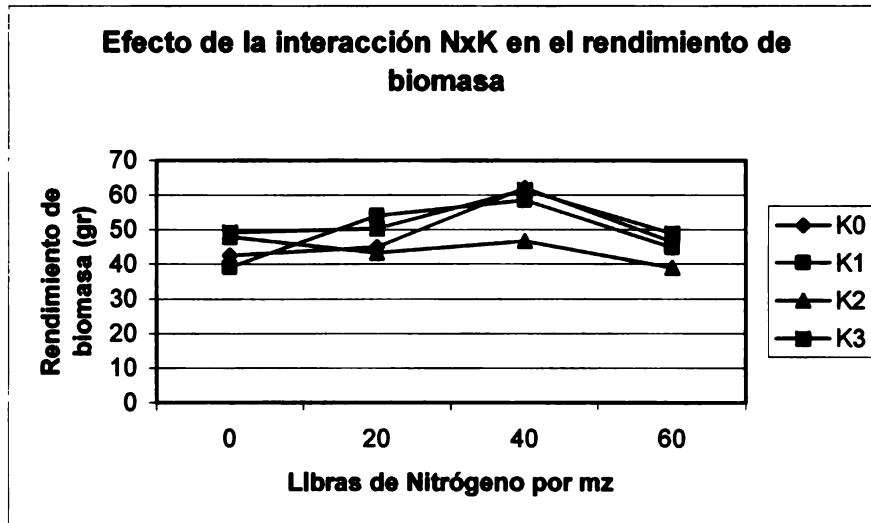


Interacción PxK

P	K				Promedio
	K0	K1	K2	K3	
P0	34,40	25,86	21,34	23,90	26,50
P1	46,84	51,76	51,21	58,71	52,21
P2	58,48	65,81	52,21	66,25	60,69
P3	56,55	53,22	52,15	61,47	55,85
Promedio	49,07	49,17	44,43	52,58	48,81

Si analizamos el comportamiento de cualquier nivel de Fósforo respecto a los niveles de Nitrógeno; P3 por ejemplo, observamos que los contenidos de biomasa tienden a ser igual tanto con el nivel N0, N1, N2 y N3 de Nitrógeno. Este mismo comportamiento se manifiesta para el resto de interacciones, NxK y PxK.





5.8 Absorción de Minerales N – P- K en el follaje de plantas de añil, a los 90 y 120 días.

Absorción de Nitrógeno (N) por la planta del añil, en porcentaje.

La absorción de Nitrógeno (N) por el cultivo manifestó un comportamiento respecto a la presencia de P y K en el sustrato. Si observamos la tabla de análisis de varianza (cuadro 19), se refleja que este elemento fue absorbido en mayor cantidad hasta los 90 días, cuyo promedio fue de 4.70%, y bajó su porcentaje a los 120 días; siendo el promedio de 4.12%, cuya diferencia es significativa al 1% de probabilidad.

El comportamiento del Nitrógeno es significativo al 1% de probabilidad ($F_{cal} = 209.88 **$) y mediante la prueba de DUMCAN se demuestra que la mayor asimilación se dio cuando el cultivo se fertilizó con 60 lb./mz (N3) libras de N, el cual fue absorbido en un promedio de 5.07%; El más bajo porcentaje de absorción se da cuando no fue aplicado (N0= 0 lb de N) cuya absorción fue de 3.37%.

El análisis estadístico de los resultados los observamos en la tabla de ANVA (Cuadro 19) para evaluar asimilación de “N”

Cuadro 19. ANVA para evaluar la asimilación de “N” en presencia del P y K.

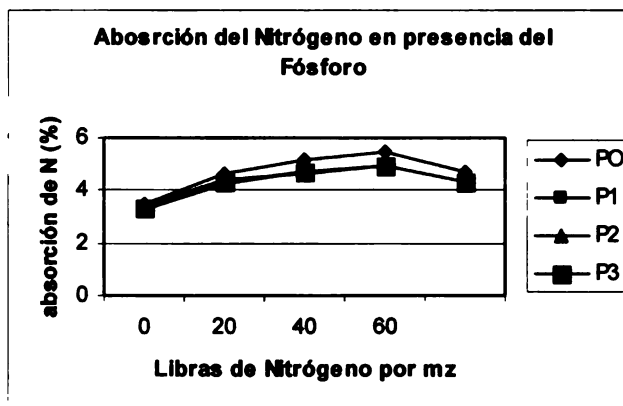
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal	Probabilidad
Bloques	1	11.210	11.210	131098 **	0.0000
Efecto N	3	53.48	17.83	209.88 **	0.0000
Efecto P	3	3.16	1.05	12.40 **	0.0000
Efecto K	3	0.71	0.24	2.79 *	0.05
Int. NxP	9	0.57	0.063	0.74 N.S.	
Int. NxK	9	0.21	0.023	0.27 N.S.	
Int PxK	9	0.35	0.04	0.46 N.S.	
Int. NxPxK	27	1.972	0.07	0.86 N.S.	
Error Exp.	63	5.35	0.085		

Coefficiente de variación = 6.60%

Si se analiza la absorción de N en presencia de fósforo, esta es significativa al 1% de probabilidad ($F_{cal} = 12.40^{**}$); según DUMCAN el mayor porcentaje de N absorbido se refleja cuando nos se aplicó fósforo al sustrato, siendo este igual a 4.68%; en cambio con los niveles de fósforo aplicado de 20, 40 y 60 lbs., la asimilación de Nitrógeno tiende a ser igual, así se tiene que para 20 lb (P1) el % de N absorbido fue de 4.30%; para 40 lb (P2), 4.35% y 60 lb (P3) de 4.32%.

Interacción NxP

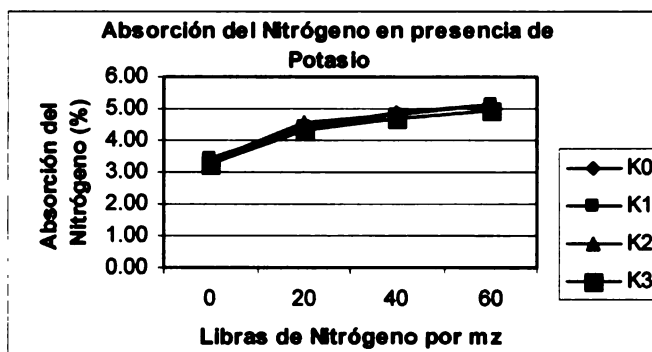
N	P				Prom
	P0	P1	P2	P3	
N0	3,52	3,23	3,41	3,31	3,37
N1	4,64	4,29	4,43	4,36	4,43
N2	5,14	4,74	4,62	4,68	4,80
N3	5,44	4,93	4,96	4,93	5,07
Prom	4,68	4,30	4,35	4,32	4,41



El Potasio también influyó en la absorción de N, siendo su efecto significativo al 5% de probabilidad y según DUMCAN el cultivo absorbe mejor el Nitrógeno si el K está en los niveles bajos: K0 (0 lb), K1 (20 lb) y K2 (40 lb), cuyos porcentajes promedios son: 4.47%, =4.44% y =4.47%. La más baja absorción de "N" se dio con el nivel alto de Potasio (K3 = 60 lb.); siendo en promedio, absorbido en un 4.29%.

Interacción NxK

N	K				Prom
	K0	K1	K2	K3	
N0	3,40	3,43	3,37	3,26	3,37
N1	4,43	4,42	4,59	4,29	4,43
N2	4,89	4,80	4,81	4,69	4,80
N3	5,15	5,10	5,11	4,91	5,07
Prom	4,47	4,44	4,47	4,29	4,41



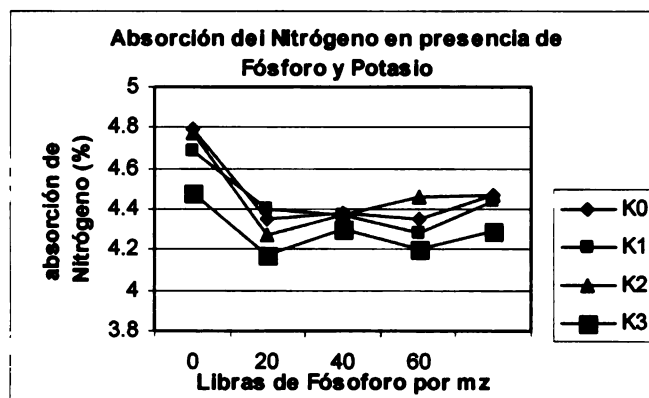
Al analizar el comportamiento de la interacción NxP; según el cuadro de ANVA refleja que el Nitrógeno absorbido no es influenciado por el fósforo aplicado ($F_{cal} = 0.74 N.S.$) ni por el Potasio ($F_{cal} N_xK = 0.27 N.S.$), es decir que dicho elemento trabaja de forma independiente, o sea que la planta lo absorbe sin la participación de P y K.

Respecto a la interacción PxK, el ANVA muestra que ambos elementos trabajaron de forma independiente para que el Nitrógeno fuera absorbido ($F_{cal} P_xK = 0.46 N.S.$)

El comportamiento independiente de la absorción del N en presencia de P y K se demuestra en los cuadros de doble entrada y figuras correspondientes:

Interacción PxK

P	K				Prom
	K0	K1	K2	K3	
P0	4,79	4,69	4,77	4,48	4,68
P1	4,35	4,40	4,27	4,17	4,30
P2	4,38	4,37	4,37	4,30	4,35
P3	4,35	4,28	4,46	4,20	4,32
Prom	4,47	4,44	4,47	4,29	4,41



Absorción de fósforo por la planta de añil, en porcentaje

El fósforo es un elemento absorbido por la planta, de forma diferente según la edad del cultivo a los 120 días, en relación a los 90 días de edad del cultivo (F_{cal} para edad = 18.05 **); los promedios de absorción en cada etapa fueron: 90 días después de la siembra 0.21% y a los 120 días de 0.25%.

Si analizamos las aplicaciones de fósforo se observa, de acuerdo al ANVA (cuadro 20), que este elemento fue asimilado de forma diferente, a una probabilidad del 1% (F_{cal} "P" = 5.22 **), es decir que la planta lo absorbe según sea la cantidad presente en el suelo; de acuerdo a la prueba de DUMCAN la mayor asimilación corresponde a los niveles del 20, 40 y 60% de fósforo aplicado, siendo iguales estadísticamente. Los promedios de fósforo asimilados por la planta fueron: P1 (20 lb) = 0.23%, P2 (40 lb) = 1.25% y P3 (60 lb) = 0.24%. Respecto al tratamiento testigo (T0 = 0 libras) la asimilación de fósforo por la planta fue baja (0.21%).

Cuadro 20. Análisis de varianza para la asimilación de fósforo por el cultivo de añil. En presencia de Nitrógeno y Potasio.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal	Probabilidad
Bloques	1	0.035	0.035	18.05 **	0.0001
Efecto N	3	0.016	0.005	2.76 *	0.0494
Efecto P	3	0.030	0.010	5.22 **	0.0028
Efecto K	3	0.002	0.001	0.30 N.S.	
Int. NxP	9	0.010	0.001	0.58 N.S.	
Int. NxK	9	0.002	0.000	0.14 N.S.	
Int PxK	9	0.005	0.001	0.304 N.S.	
Int. NXpXK	27	0.011	0.000	0.206 N.S.	
Error Exp.	63	0.121	0.002		

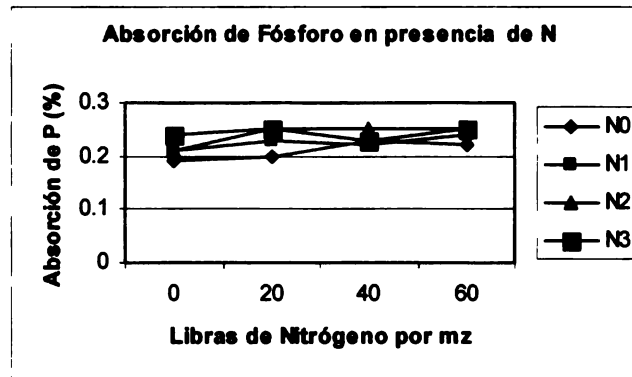
Coefficiente de variación 19.06%

Respecto a las aplicaciones de N a niveles de 0, 20, 40 y 60 lb./ manzana, el efecto fue diferente en la absorción de fósforo por la planta de añil (F_{cal} N=2.76 *) y según la prueba de DUMCAN los niveles de N que contribuyeron a un mayor porcentaje de absorción del fósforo fueron: N1 = 0.23%, N2 = 0.24% y N3 = 0.24%, cuyo comportamiento es igual a una probabilidad del 5%. La menor asimilación de Fósforo se reflejó con la no aplicación de Nitrógeno (N0 = 0 lb./Mz.)

Si analizamos el cuadro de doble entrada para la interacción NxP, observamos que para cualquier nivel de fósforo, P2 por ejemplo, la absorción de N tiende a ser igual cuando este nivel se relaciona con los niveles N0, N1, N2 y N3; lo cual indica que la absorción de N por la planta no es afectada por la presencia del fósforo del suelo. El mismo comportamiento se observa para la interacción del NxK y PxK.

Interacción NxP

N	P				Prom
	P0	P1	P2	P3	
N0	0,19	0,21	0,21	0,24	0,21
N1	0,20	0,23	0,25	0,25	0,23
N2	0,23	0,22	0,25	0,23	0,24
N3	0,22	0,24	0,25	0,25	0,24
Prom	0,21	0,23	0,25	0,24	0,23

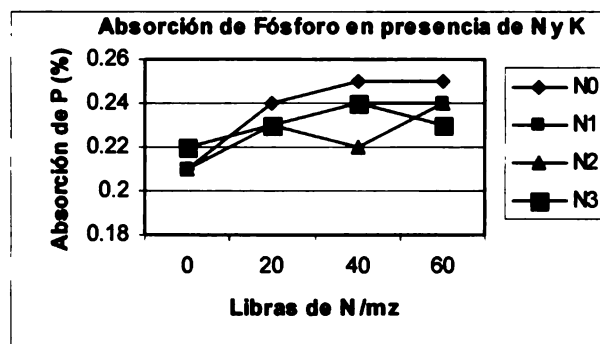


Respecto a la asimilación de Fósforo, el cuadro de ANVA demuestra que no existe dependencia de ser asimilación por las dosis de Nitrógeno aplicado ($F_{cal} \text{ NxP} = 0,58 \text{ N.S.}$), es decir que la planta asimila el fósforo sin ser influenciado por el Nitrógeno aplicado al suelo. El mismo comportamiento se manifiesta para la interacción NxK o sea que la planta lo observa sin la acción del N y el K. También podemos observar que para la interacción PxK, estos elementos trabajan de forma separada, es decir, no participan de forma conjunta en la absorción del fósforo por la planta.

La absorción del Fósforo en presencia N y K, se presentan en los cuadros de doble entrada y figuras siguientes:

Interacción NxK

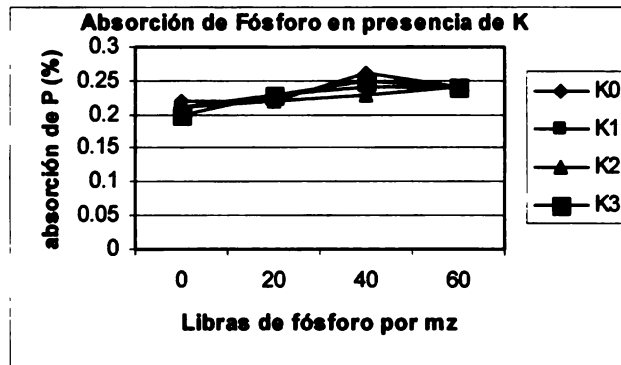
N	K				Prom
	K0	K1	K2	K3	
N0	0,21	0,21	0,21	0,22	0,21
N1	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23
N2	0,25	0,24	0,22	0,24	0,24
N3	0,25	0,24	0,24	0,23	0,24
Prom	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23



En relación a las aplicaciones de Potasio, la asimilación de "P" por el cultivo de añil fue igual cuando se aplicó en dosis de 0, 20 (K1), 40 (K2) y 60 (K3) lbs./ mz. Manteniéndose casi constante, como lo muestra el cuadro de interacción y gráfica siguiente.

Interacción PxK

P	K				Prom
	K0	K1	K2	K3	
P0	0,22	0,21	0,21	0,20	0,21
P1	0,22	0,23	0,22	0,23	0,23
P2	0,26	0,24	0,23	0,25	0,25
P3	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Prom	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23



Absorción de Potasio (K) por la planta de añil, en porcentajes.

De acuerdo al análisis de varianza, la asimilación de potasio depende de la edad del cultivo; se demostró estadísticamente que la mayor asimilación corresponde a los 90 días de edad del cultivo ($F_{cal} = 43.31^{**}$); siendo el porcentaje promedio absorbido de 2.47% y a los 120, de 2.16%

En relación al comportamiento de la absorción de "K" por la acción del Nitrógeno aplicado, se demostró que este elemento tiene efecto significativo al 1% de probabilidad. Sobre la asimilación del potasio. Según la prueba de DUMCAN se demuestra que el potasio fue mejor absorbido con la aplicación de las dosis más bajas de Nitrógeno N0 (0 lb/ Mz), N1 (20 lb) y N2 (40 lb). Las cantidades absorbidas fueron: con N0 =2.30%, N1 =2.48% y N2 =2.34%. La menor absorción se dio con el nivel más alto de N (60 lb/ Mz), con una absorción de 2.34%.

Respecto al fósforo aplicado en las dosis 0, 20,, 40 y 60 lb/ Mz; este elemento influyó de forma igual en la absorción del Potasio ($F_{cal} = 1.08$ N.S.); lo cual indica que la planta trabaja igual en la asimilación del Potasio esté o no presente el Fósforo. Si observamos los porcentajes asimilados para nivel de fósforo aplicado, éstas son iguales estadísticamente según DUMCAN: No (2.33%) = N1 (2.26%) = N2 (2.37%) y N3=(2.28%).

El estudio muestra que las aplicaciones de Potasio al suelo son necesarias para que la planta lo absorba. El ANVA demuestra que hay diferencias significativas al 1% de probabilidad en los porcentajes absorbidos de Potasio según las dosis de Potasio aplicado al suelo. DUMCAN muestra que este elemento es absorbido de forma igual cuando se aplica el Potasio en dosis de 20, (N1) 40 (N2) y 60 (N3) lb/ Mz., siendo la absorción para cada nivel: N1 =2.35%, N2 =2.34% y N3 =2.40%.



Los resultados antes descritos se observan en el cuadro siguiente.

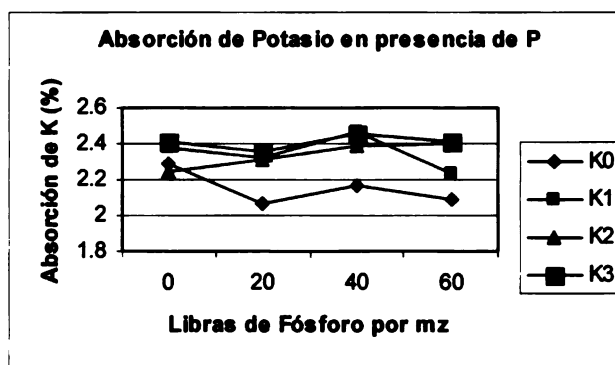
Cuadro 21. Análisis de varianza que muestra los resultados de la absorción de Potasio por el cultivo del añil.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal	Probabilidad
Bloques	1	3.05	3.05	43.31 **	0.0000
Efecto N	3	2.02	0.67	9.53 **	0.0000
Efecto P	3	0.23	0.076	1.08 N.S.	0.3635
Efecto K	3	1.15	0.38	5.45 **	0.0021
Int. NxP	9	0.70	0.08	1.10 N.S.	0.379
Int. NxK	9	0.24	0.03	0.37 N.S.	
Int PxK	9	0.41	0.05	0.64 N.S.	
Int. NXpXK	27	1.39	0.05	0.73	
Error Exp.	63	4.44	0.07		

Coefficiente de variación = 11.49%

Interacción PxK

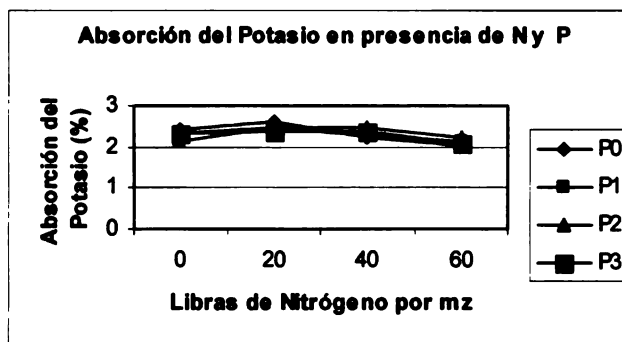
P	K				Prom
	K0	K1	K2	K3	
P0	2,29	2,38	2,25	2,41	2,33
P1	2,07	2,32	2,31	2,35	2,26
P2	2,17	2,47	2,39	2,45	2,37
P3	2,09	2,23	2,40	2,41	2,28
Prom	2,15	2,35	2,34	2,40	2,31



En el cuadro de ANVA también muestra que la absorción de Potasio es independiente de la acción de cualquier nivel de N respecto a cualquier nivel de Fósforo ($F_{cal\ NxP} = 1.10\ N.S.$), de cualquier nivel de Nitrógeno respecto a los niveles de Potasio ($F_{cal\ NxK} = 0.37\ N.S.$) e independientemente cualquier nivel de fósforo respecto a cualquier nivel de Potasio. Se observa seguidamente, en los cuadros de doble entrada y figuras respectivas el comportamiento de la absorción de Potasio cuando interactúan dichos elementos.

Interacción NxP

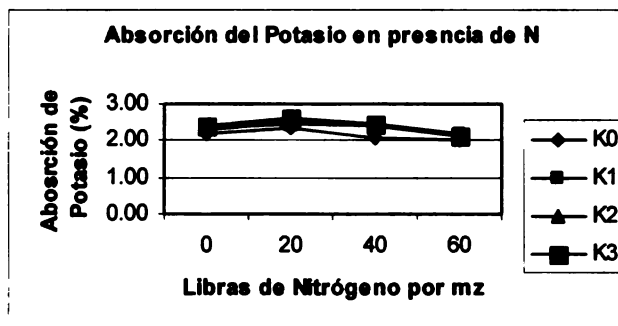
N	P				Prom
	P0	P1	P2	P3	
N0	2,44	2,15	2,33	2,30	2,30
N1	2,59	2,49	2,46	2,37	2,48
N2	2,25	2,28	2,46	2,37	2,34
N3	2,05	2,13	2,23	2,09	2,13
Prom	2,33	2,26	2,37	2,28	2,31





Interacción NxK

N	K				Prom
	K0	K1	K2	K3	
N0	2,19	2,30	2,35	2,38	2,30
N1	2,33	2,49	2,47	2,62	2,48
N2	2,09	2,43	2,38	2,46	2,34
N3	2,01	2,19	2,15	2,15	2,13
Prom	2,15	2,35	2,34	2,40	2,31

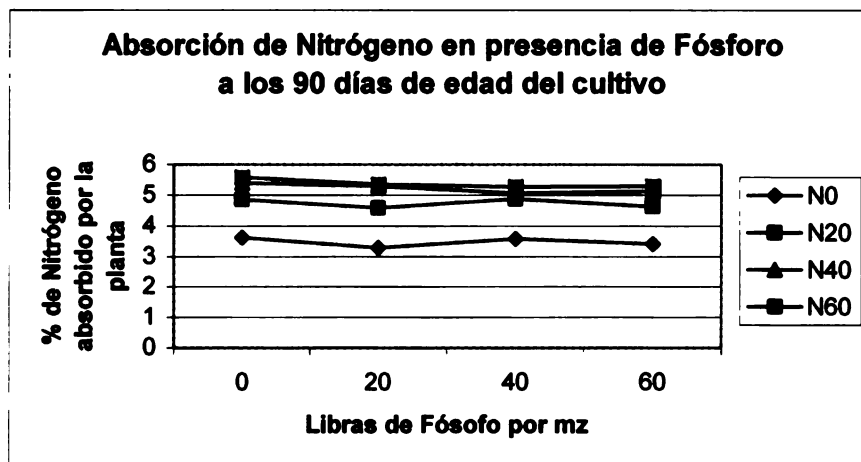


Comportamiento de la absorción de "N" en presencia de los niveles de "P" y "K a los 90 días

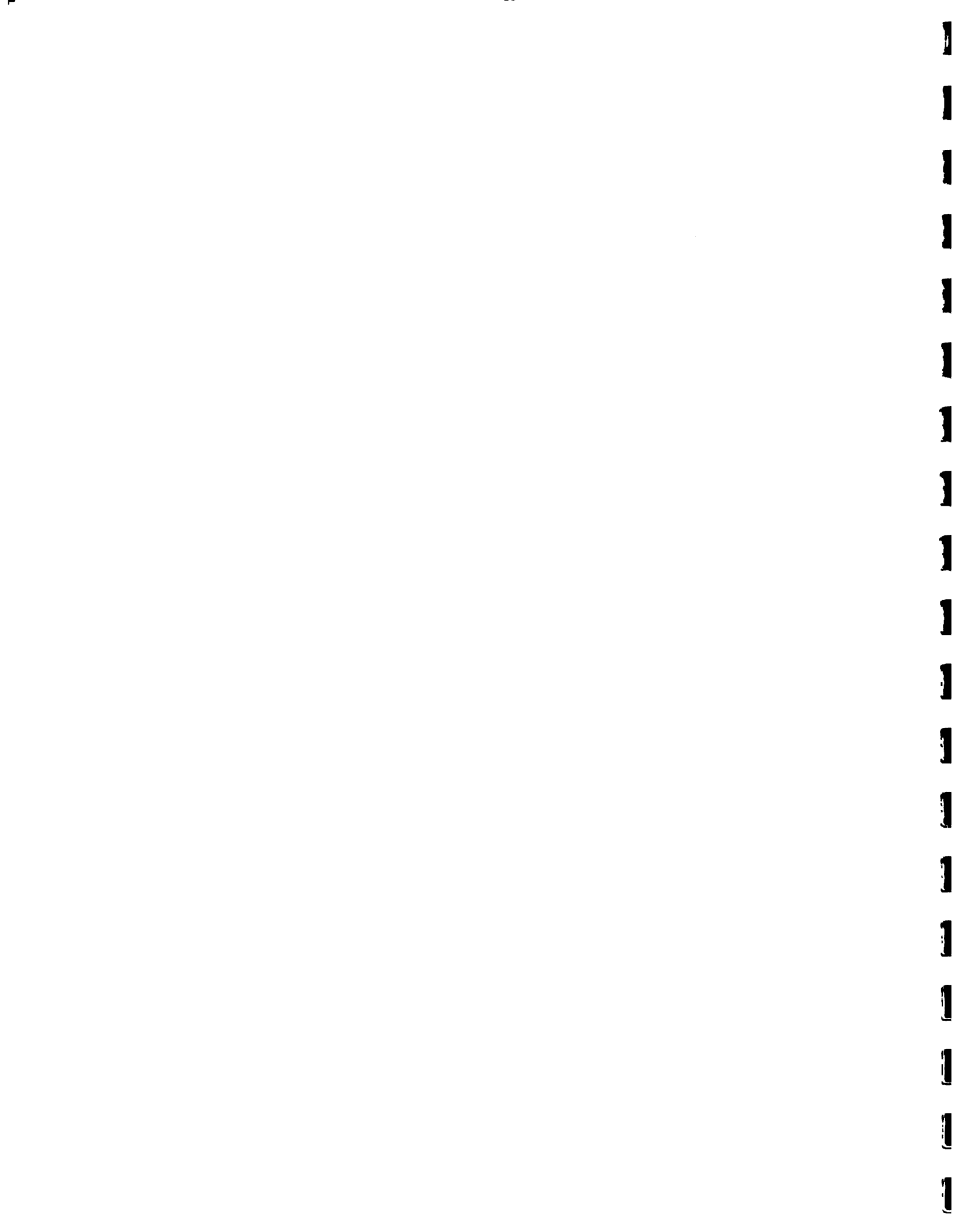
Interacción N*P

N	P				Prom
	P0	P1	P2	P3	
N0	3.61	3.28	3.57	3.40	3.47
N1	4.84	4.58	4.88	4.62	4.73
N2	5.40	5.28	5.06	5.12	5.22
N3	5.59	5.36	5.27	5.28	5.38
Prom	4.86	4.63	4.70	4.61	

La absorción del nitrógeno por la planta de añil, es limitado cuando este es baja su disponibilidad en forma natural, como puede observarse en el cuadro anterior y en la gráfica siguiente. Pero la planta responde a su aplicación, habiendo una mayor absorción en la medida en que se incrementa la disponibilidad del elemento en el suelo, sin embargo el fósforo manteniendo su absorción en los tres niveles aplicados.

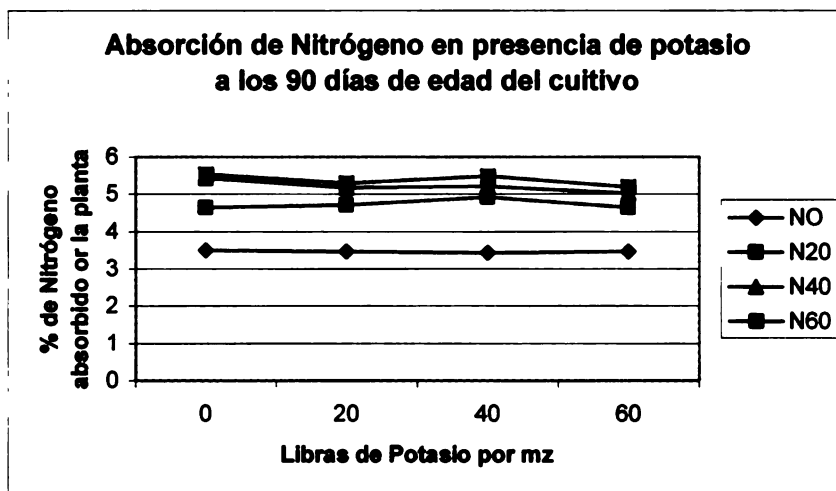


En la siguiente interacción de NxK, la absorción del nitrógeno por la planta de añil es baja cuando no se aplica el elemento y se da mayor absorción cuando se aplica y va incrementándose en la medida en que se eleva la dosis de aplicación. Sin embargo en relación la aplicación del potasio en sus datos promedios cuando no se aplica este último hay mayor absorción de nitrógeno y existe una tendencia a disminuir en la medida en que se incrementa la aplicación del potasio.



Interacción N*K

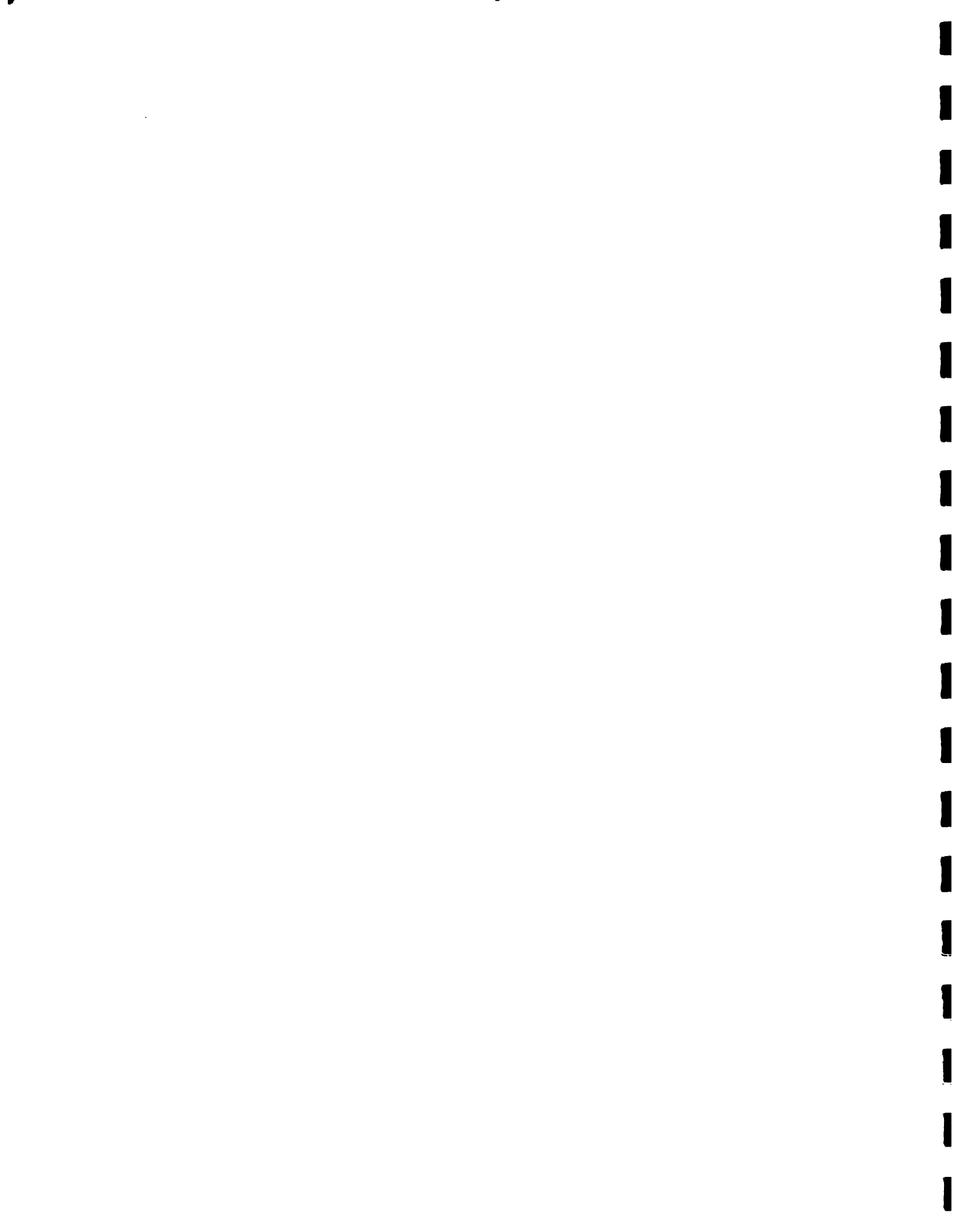
N	K				Prom
	K0	K1	K2	K3	
N0	3.49	3.47	3.43	3.47	3.47
N1	4.64	4.71	4.92	4.65	4.73
N2	5.43	5.18	5.22	5.02	5.21
N3	5.54	5.29	5.48	5.19	5.38
Prom	4.78	4.66	4.76	4.58	

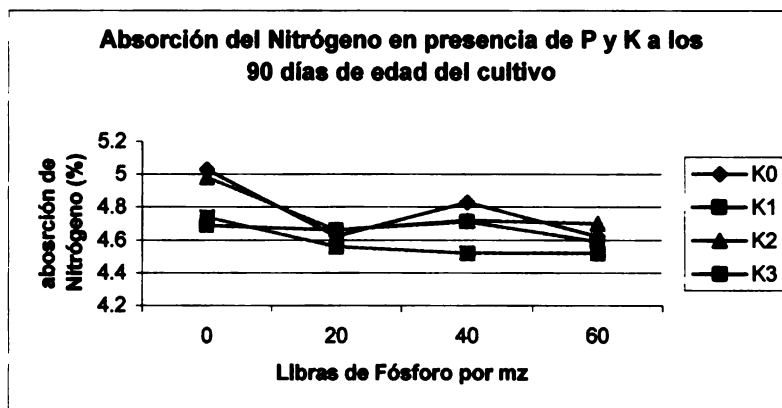


En la presencia de P x K, la absorción el nitrógeno por la planta de añil es casi igual, no existe una diferencia significativa. Aunque la gráfica parece presentar una gran diferencia, esto es debido a que su escala está diferenciando las cantidades decimales.

Interacción P*K

P	K				Σ	Prom
	K0	K1	K2	K3		
P0	5.03	4.69	4.98	4.74	19.44	4.86
P1	4.62	4.66	4.66	4.56	18.50	4.63
P2	4.83	4.71	4.72	4.52	18.78	4.70
P3	4.62	4.59	4.70	4.52	18.43	4.61
Σ	19.1	18.65	19.06	18.34		
Prom	4.78	4.66	4.77	4.59		

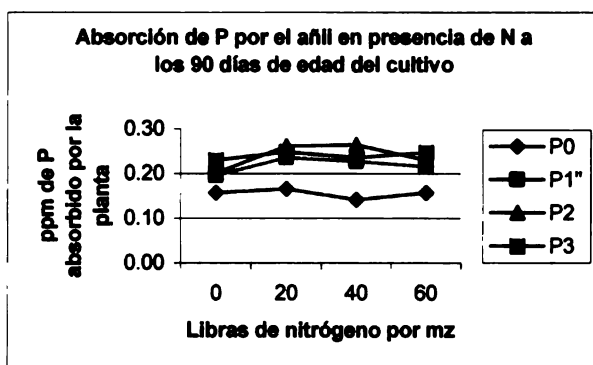




CUADROS RESUMENES DE LA ABSORCIÓN DE "P" EN PRESENCIA DE LOS NIVELES DE "N" Y "K"

Interacción NxP

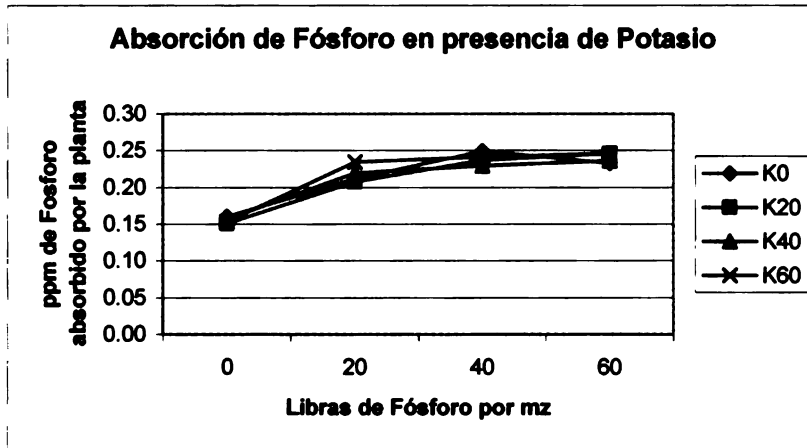
N	P				Prom
	P0	P1	P2	P3	
N0	0.16	0.20	0.20	0.23	0.20
N1	0.17	0.24	0.26	0.25	0.23
N2	0.14	0.23	0.26	0.24	0.22
N3	0.16	0.22	0.23	0.25	0.21
Prom	0.16	0.22	0.24	0.24	



Interacción de PxK

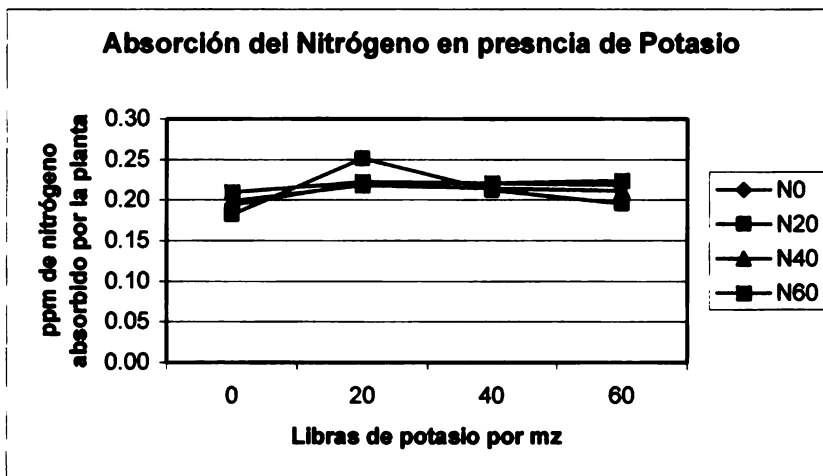
P	K				Prom
	K0	K1	K2	K3	
P0	0.16	0.15	0.16	0.15	0.16
P1	0.21	0.21	0.22	0.23	0.22
P2	0.25	0.24	0.23	0.24	0.24
P3	0.23	0.25	0.24	0.25	0.24
Prom	0.21	0.21	0.21	0.22	





Interacción NxK

N	K				Prom
	K0	K1	K2	K3	
N0	0.19	0.18	0.20	0.21	0.20
N1	0.22	0.25	0.22	0.22	0.23
N2	0.22	0.21	0.21	0.22	0.22
N3	0.22	0.20	0.21	0.22	0.21
Prom	0.21	0.21	0.21	0.22	

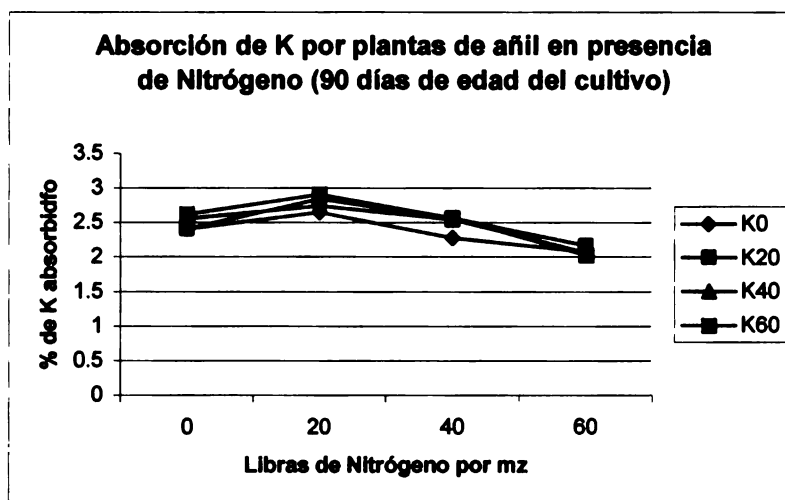




CUADROS RESUMENES DE LA ABSORCIÓN DE "K" EN PRESENCIA DE LOS NIVELES DE "N" Y "P" (90 DÍAS DE EDAD DEL CULTIVO)

Interacción N*K

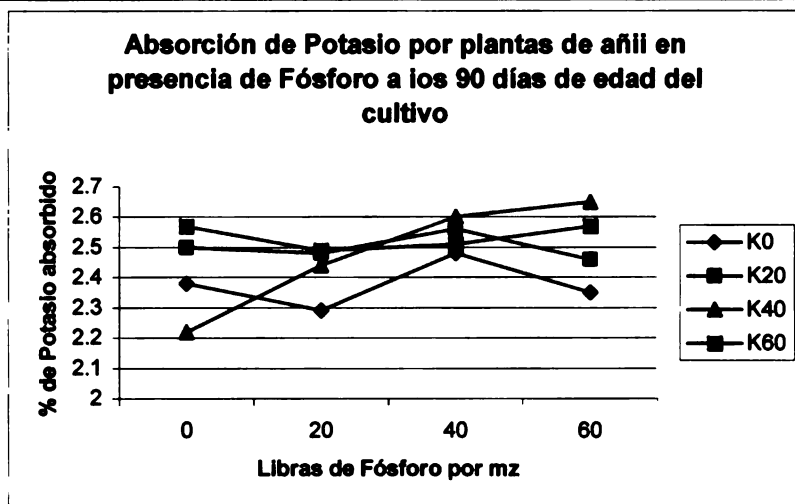
N	k				Prom
	K0	K1	K2	K3	
N0	2.41	2.41	2.56	2.62	2.50
N1	2.65	2.84	2.74	2.91	2.79
N2	2.28	2.57	2.55	2.57	2.49
N3	2.08	2.17	2.07	2.03	2.09
Prom	2.36	2.50	2.48	2.53	





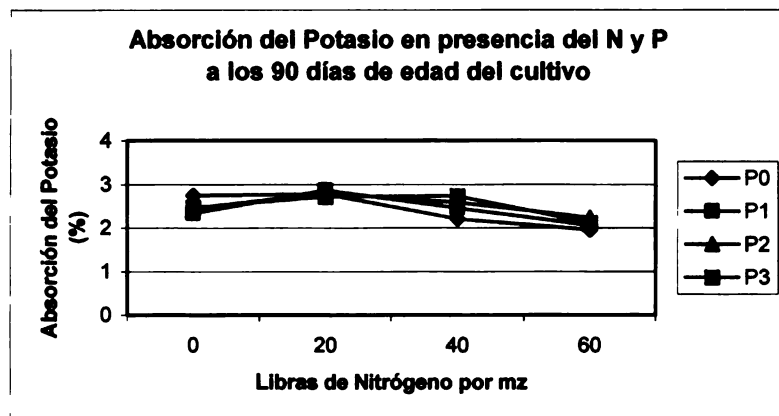
Interacción P*K

P	K				Prom
	K0	K1	K2	K3	
P0	2.38	2.5	2.22	2.57	2.42
P1	2.29	2.48	2.44	2.49	2.43
P2	2.48	2.56	2.6	2.51	2.54
P3	2.35	2.46	2.65	2.57	2.51
Prom	2.4	2.5	2.51	2.54	2.47



Interacción N*P

P	N				Prom
	N0	N1	N2	N3	
P0	2.75	2.78	2.2	1.95	2.42
P1	2.34	2.86	2.45	2.06	2.43
P2	2.45	2.79	2.59	2.23	2.52
P3	2.46	2.71	2.73	2.12	2.51
Prom	2.5	2.79	2.49	2.09	2.47

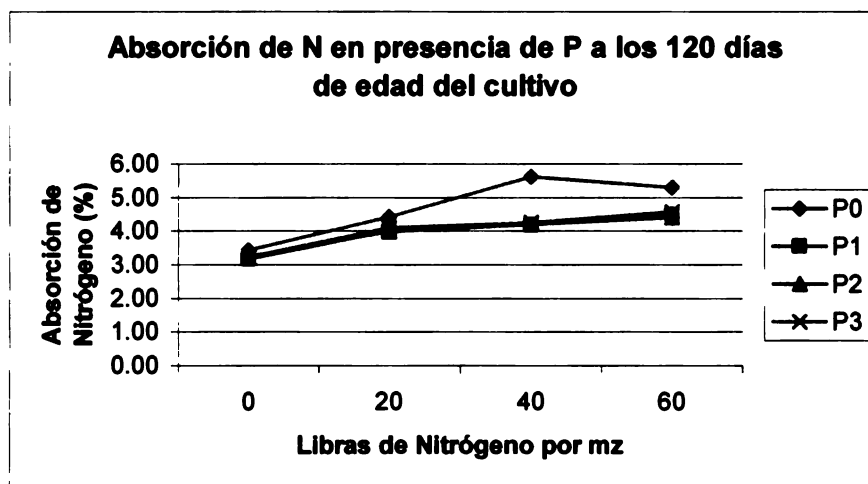




CUADROS RESUMENES DE LA ABSORCIÓN DEL NITRÓGENO A LOS 120 DÍAS DE EDAD DEL CULTIVO

Interacción NxP

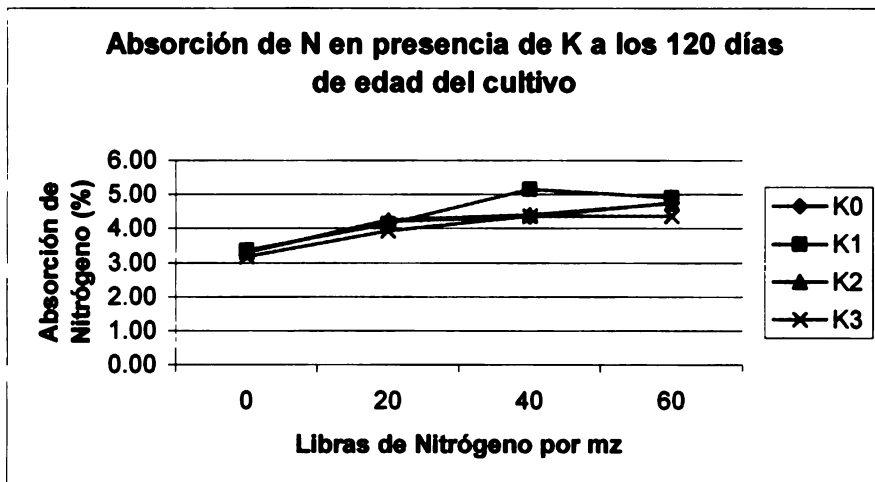
	P0	P1	P2	P3	Prom
N0	3.43	3.18	3.24	3.22	3.27
N1	4.43	4.01	3.98	4.11	4.13
N2	5.63	4.20	4.19	4.25	4.57
N3	5.30	4.50	4.41	4.58	4.70
Prom	4.70	3.97	3.95	4.04	





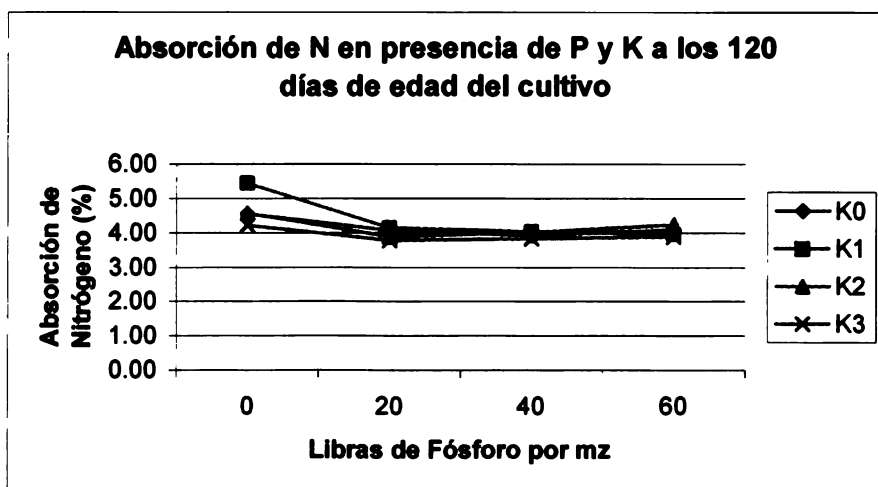
Interacción NxK

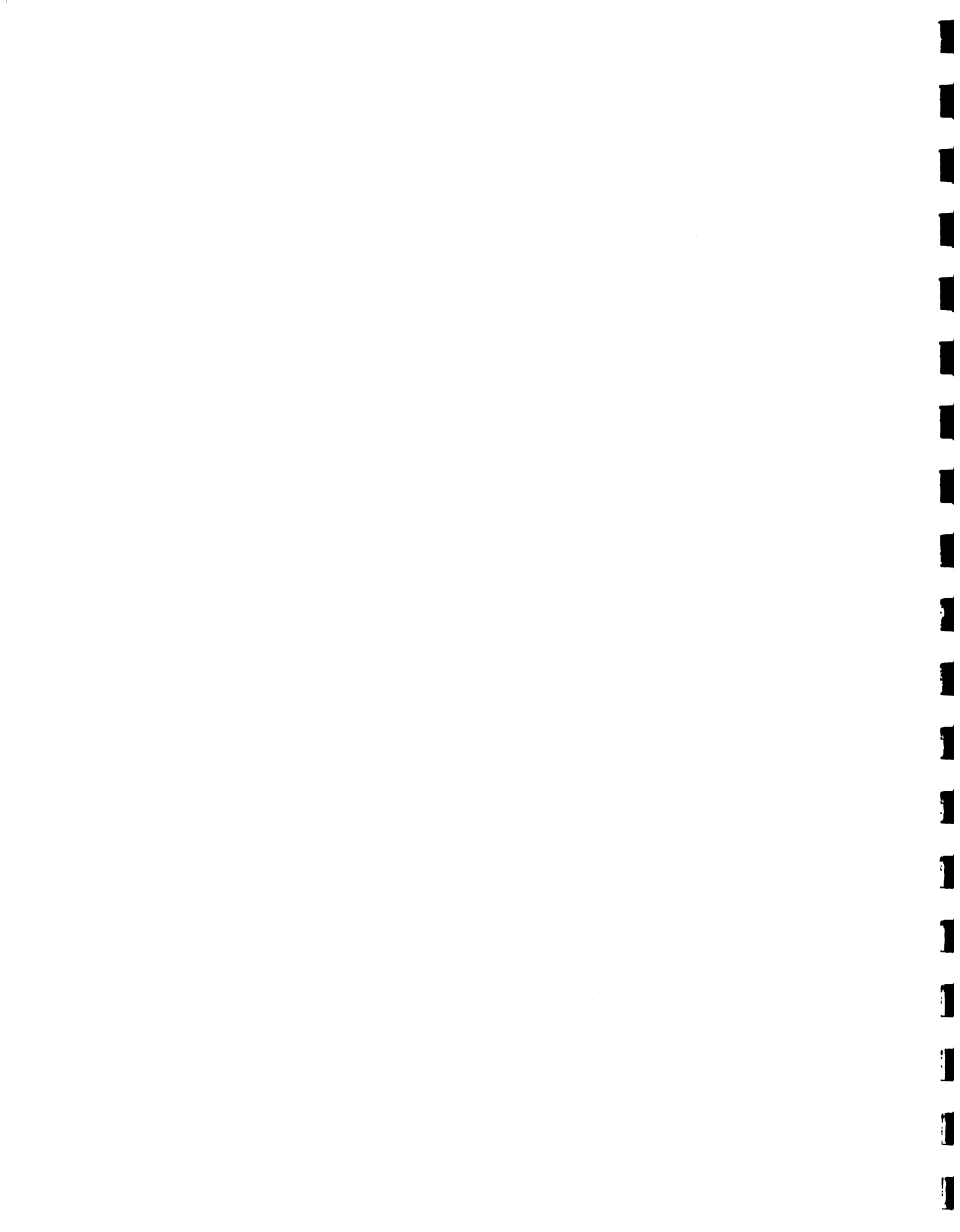
	K0	K1	K2	K3	Prom
N0	3.32	3.37	3.32	3.17	3.29
N1	4.22	4.13	4.25	3.94	4.13
N2	4.35	5.16	4.40	4.36	4.57
N3	4.77	4.92	4.73	4.37	4.70
Prom	4.16	4.39	4.17	3.96	



Interacción PxK

	K0	K1	K2	K3	Prom
P0	4.56	5.45	4.56	4.23	4.70
P1	4.08	4.15	3.89	3.77	3.97
P2	3.93	4.04	4.01	3.84	3.95
P3	4.09	3.97	4.23	3.88	4.04
Prom	4.16	4.40	4.17	3.93	

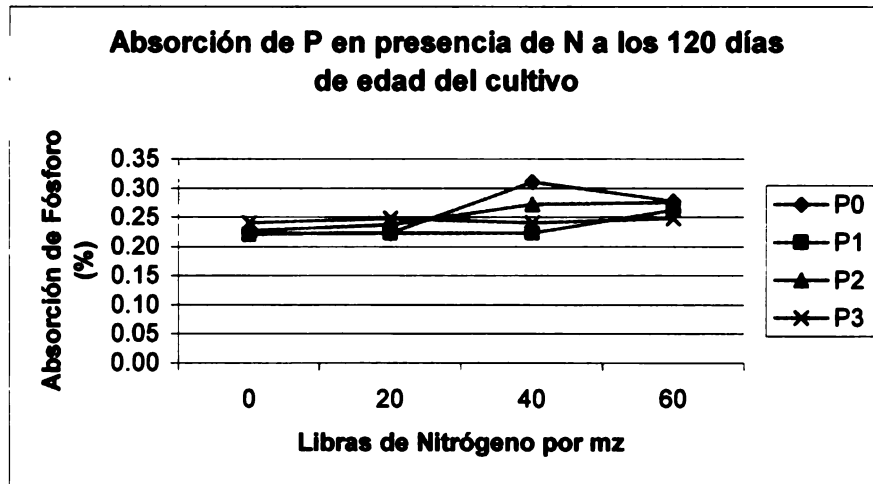




Resumen del comportamiento de la absorción de fósforo a los 120 días de edad del cultivo

Interacción de NxP

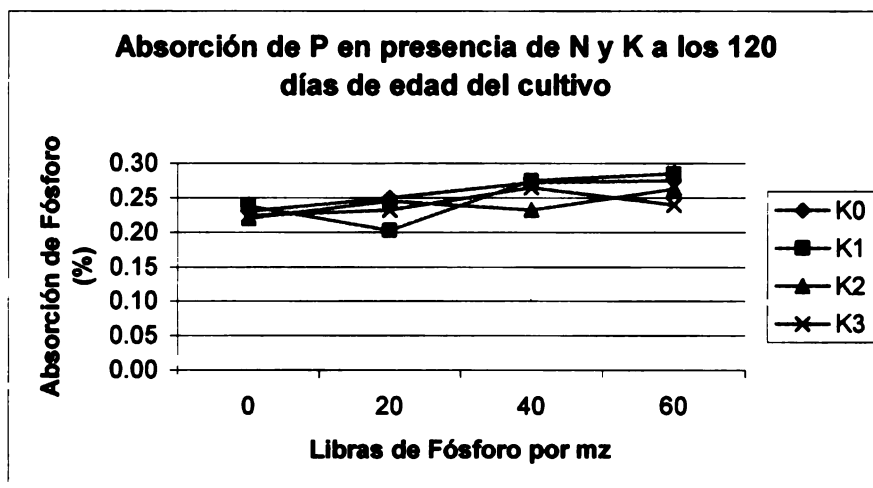
	P0	P1	P2	P3	Prom
N0	0.22	0.22	0.23	0.24	0.23
N1	0.22	0.22	0.24	0.25	0.23
N2	0.31	0.22	0.27	0.24	0.26
N3	0.28	0.26	0.28	0.25	0.27
Prom	0.26	0.23	0.25	0.24	





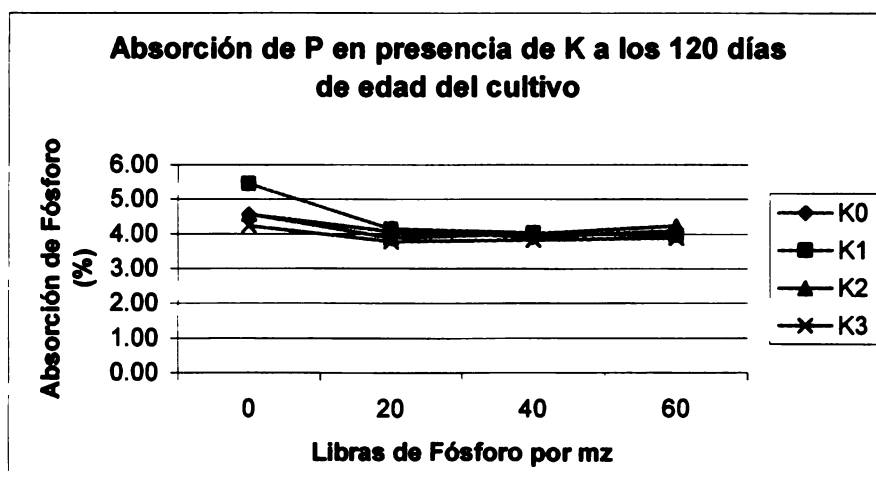
Interacción de NxP

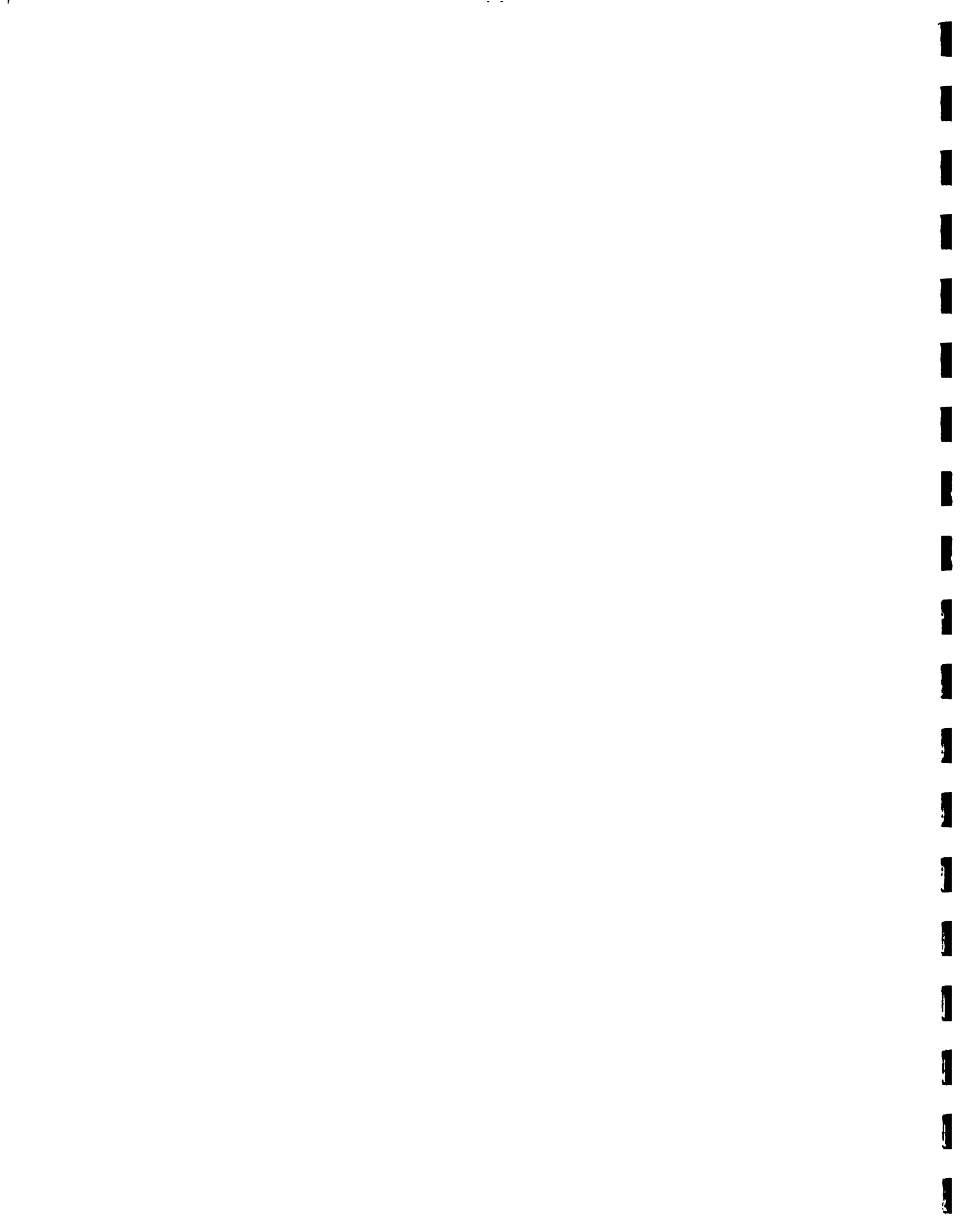
	K0	K1	K2	K3	Prom
N0	0.23	0.24	0.22	0.22	0.23
N1	0.25	0.20	0.25	0.23	0.23
N2	0.27	0.28	0.23	0.27	0.26
N3	0.28	0.29	0.26	0.24	0.27
Prom	0.26	0.25	0.24	0.24	



Interacción de PxK

	K0	K1	K2	K3	Prom
P0	0.27	0.27	0.25	0.24	0.26
P1	0.22	0.26	0.22	0.23	0.23
P2	0.28	0.25	0.24	0.26	0.25
P3	0.26	0.24	0.25	0.23	0.24
Prom	0.26	0.25	0.24	0.24	

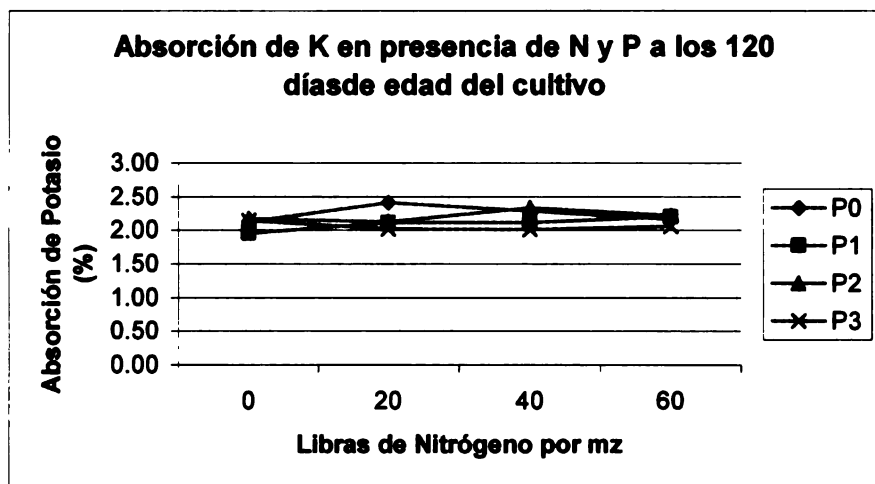




DATOS RESUMENES DE LA ABSORCIÓN DEL POTASIO A LOS 120 DIAS DE EDAD DEL CULTIVO

Interacción de N x P

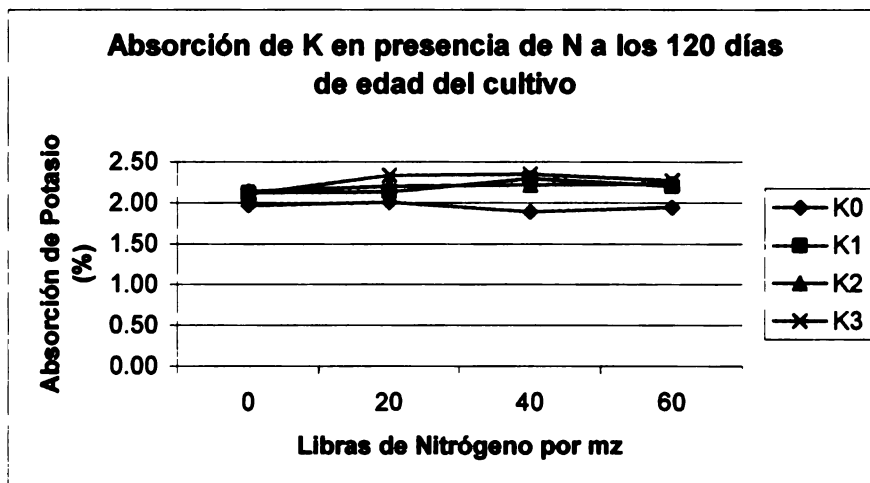
	P0	P1	P2	P3	Prom
N0	2.13	1.96	2.18	2.15	2.10
N1	2.41	2.12	2.13	2.02	2.17
N2	2.29	2.12	2.34	2.01	2.19
N3	2.16	2.20	2.23	2.06	2.16
Prom	2.25	2.10	2.22	2.06	





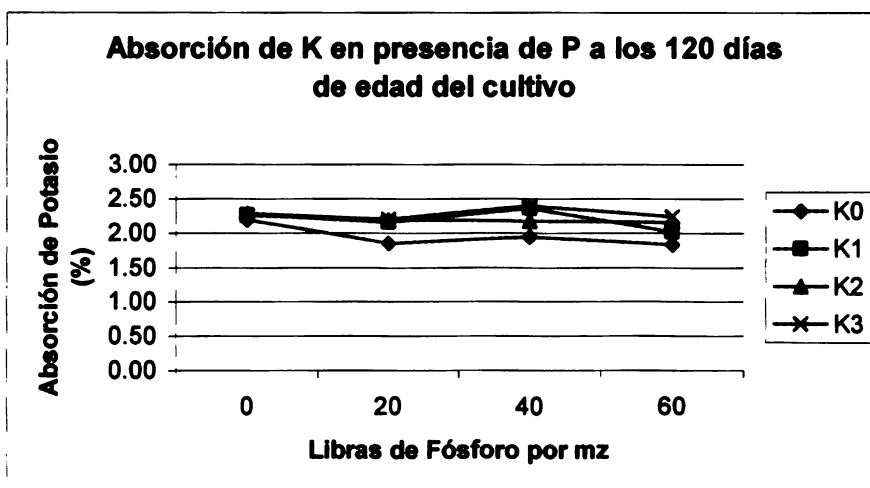
Interacción de NxK

	K0	K1	K2	K3	Prom
N0	1.97	2.12	2.14	2.11	2.09
N1	2.00	2.13	2.20	2.34	2.17
N2	1.89	2.30	2.22	2.35	2.19
N3	1.94	2.20	2.24	2.27	2.16
Prom	1.95	2.19	2.20	2.27	



Interacción de PxK

	K0	K1	K2	K3	Prom
P0	2.19	2.27	2.29	2.26	2.25
P1	1.85	2.16	2.19	2.20	2.10
P2	1.94	2.36	2.17	2.40	2.22
P3	1.83	2.01	2.16	2.24	2.06
Prom	1.95	2.20	2.20	2.27	





5.9 EFECTO DEL N, P Y K, APLICADOS A DIFERENTES DOSIS, EN EL PH DEL SUELO, CULTIVADO CON AÑIL (120 DIAS)

La acción de los fertilizantes químicos en el suelo es un aspecto que debe ser analizado a fin de mantener dicho ecosistema, y a continuación se muestra cual fue el comportamiento del pH, variable, que si bien es bastante estable, sin embargo puede ser afectada por diversos factores.

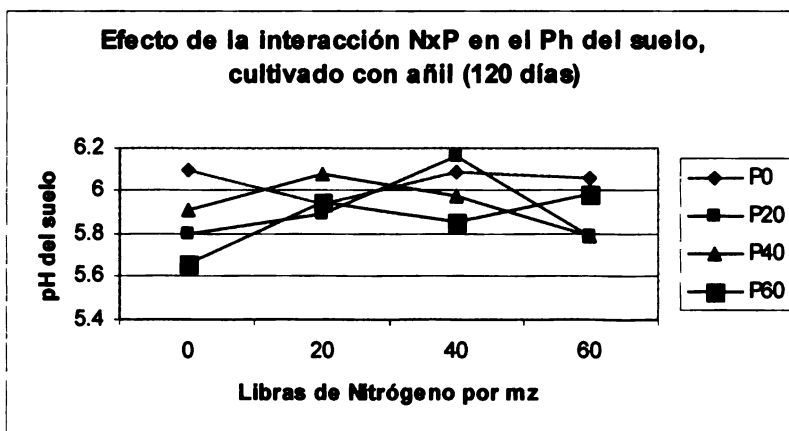
En el siguiente cuadro se muestra como la aplicación combinada de Nitrógeno con Fósforo en los niveles N1, N2 y N3 hizo disminuir el pH si lo comparamos con la no aplicación, sin embargo estadísticamente según Duncan los niveles N1 y N2 son iguales respecto a N0, en cambio N3 si produjo mayor influencia reduciendo el pH (Prom. = 5.87). En cuanto a la acción del fósforo, este individualmente no provoca alteración tal como lo muestra la fila de N0 con los niveles de P, sin embargo, cuando se combina con el Nitrógeno, se desarrolla una reducción del pH, siendo la más marcada según estadísticamente el nivel P0

Interacción N*P

N	P				Prom.
	P0	P1	P2	P3	
N0	6.1	5.94	6.09	6.06	6.05
N1	5.8	5.89	6.16	5.79	5.91
N2	5.91	6.08	5.98	5.79	5.94
N3	5.66	5.95	5.86	5.99	5.87
Prom	5.87	5.96	6.02	5.91	5.94

N (F cal = 3,86); DUMCAN: No = N1= N2; N3 = más bajo

P (F cal = 2,89); DUMCAN: P0 = P1= P2; P0 = Más bajo.



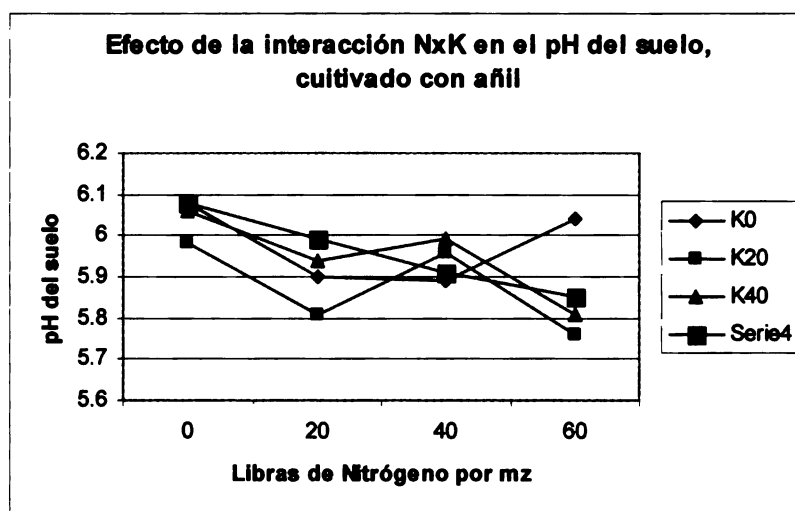
Respecto a la interacción del nitrógeno con el potasio, el nitrógeno siempre muestra una disminución del pH y es el nivel N3 (Prom. 5.87) el que causa la mayor reducción, sin embargo el potasio se mantiene igual estadísticamente, por lo que en la combinación es el nitrógeno que más efecto tiene sobre el pH.



Interacción N*K

N	K				Prom
	K0	K1	K2	K3	
N0	6.08	5.98	6.06	6.08	6.05
N1	5.90	5.81	5.94	5.99	5.91
N2	5.89	5.96	5.99	5.91	5.94
N3	6.04	5.76	5.81	5.85	5.87
Σ	5.98	5.88	5.95	5.96	5.94

NxK; Focal = 2,89 **; DUMCAN: 7,1,8,10,4,16, 11,14,2,9,6 y 15= PH
 K: F cal = 1.17 n.s; NxK: Focal= 0,92 n.s



En la interacción PxK la acción de los fertilizantes no causa ninguna diferencia significativa en el pH del suelo, como lo muestra el siguiente cuadro y su gráfica.

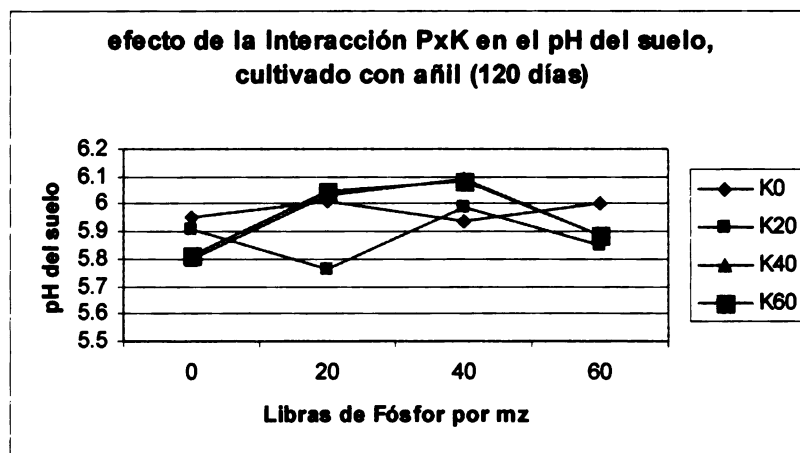
Interacción P*K

P	K				Prom
	K0	K1	K2	K3	
P0	5.95	5.91	5.8	5.81	5.87
P1	6.01	5.76	6.03	6.05	5.96
P2	5.94	5.99	6.09	6.08	6.02
P3	6.00	5.85	5.89	5.89	5.91
Σ	5.98	5.88	5.95	5.96	5.94

P*K; F cal = 1,38 n.s.

N*P*K; F cal = 2,06 **





5.10 Porcentaje de indigotina en la planta de añil a los 120 días de sembrado, en relación a la producción de biomas y la absorción de nutriente por la planta de añil

Cuadro 22.

Tratamiento	Rendimiento de biomasa (gr/planta)	Cantidad de elemento absorbido por la planta (%)			Peso de polvo (gr)	Indigotina (%)
		N	P	K		
N0 P0 K0	80	3.64	0.22	2.18	0.251	11.60
N1 P0 K0	52	4.63	0.25	2.23	0.127	0.00
N2 P0 K0	74	4.96	0.33	2.29	0.120	4.46
N3 P0 K0	52	5.29	0.29	2.05	0.177	12.54

En el cuadro 22, se observa que el comportamiento de la planta de añil al aplicar diversos niveles de N en comparación con la no aplicación del elemento, el mayor rendimiento de biomasa se produjo cuando la planta no se le aplicó el elemento (80 gr) y caso contrario que en la medida en que se incrementa las cantidades de N la producción de biomasa se reduce; pero si observamos el cuadro, las plantas que muestran mayor absorción de N, son las que se les aplicó el nutriente; aunque el suelo reportó bajo contenido de fósforo, la planta aprovechó lo poco que había en el suelo en la medida en que se aumentó la cantidad de nitrógeno, casi en forma similar ocurre con la absorción del potasio, a excepción cuando se aplicó el nivel más alto de este estudio. En cuanto la producción de polvo de añil, el nivel N0 de nitrógeno presentó un mayor peso y disminuyó con la aplicación del nutriente, sin embargo la formación de Indigotina en el polvo, la aplicación de nitrógeno parece no tener un efecto en su producción cuando este se hace en forma individual, como lo muestra el cuadro, donde el nivel no aplicado produjo similar cantidad con el nivel más alto del estudio: N0 = 11.60%, N3= 12.54 %, pero si la concentración de elementos absorbidos, principalmente de nitrógeno y fósforo favorece a la formación del porcentaje de indigotina, no así la producción de biomasa parece no estar en relación con la producción de la indigotina para este caso.



En el cuadro 23, al hacer la comparación de niveles de fósforo y sin aplicar N y K se observa un incremento en el rendimiento de biomasa en la medida en que se aumenta la aplicación del elemento en el suelo, y concuerda con la absorción de este elemento por la planta, es lógico el incremento de la absorción de este por la planta que se ve estimulada a una mayor formación de raíces, no así los porcentajes de N absorbidos por la planta, lo cuales disminuyen en la medida en que se incrementa la aplicación del fósforo, ya que el suelo solo cuenta con la disponibilidad natural del elemento y el cual es bajo. En el caso del potasio este se ve limitado su absorción en presencia del fósforo. En cuanto a la producción de producción del polvo de añil se ve limitada con la aplicación alta de fósforo y de igual manera el porcentaje de indigotina; de igual que el nitrógeno, la sola aplicación del fósforo parece no producir mayor cantidad de indigotina por la planta vuelve a darse el fenómeno anterior en que no hay relación en la formación de indigotina con la mayor formación de biomasa.

Cuadro 23

Tratamiento	Rendimiento de biomasa (gr/planta)	Cantidad de elemento absorbido por la planta (%)			Peso de Polvo (gr)	Indigotina (%)
		N	P	K		
N0 P0 K0	80	3.64	0.22	2.18	0.251	11.60
N0 P1 K0	96	3.09	0.19	1.81	0.140	9.95
N0 P2 K0	83	3.29	0.28	1.80	0.178	5.85
N0 P3 K0	106	3.24	0.23	2.08	0.269	13.86

En el cuadro 24 se ha variado las cantidades de K y lo que se observa es, que si se aplica solo este elemento, el rendimiento de biomasa se ve reducido en la medida en que se incrementa la aplicación del fertilizante; la absorción del N por la planta no se ve afectad en la mayoría de los niveles aplicados a excepción del nivel más alto del estudio, que tiende a disminuir su absorción; el fósforo es aprovechado por la planta solo con el nivel K1 y en el caso de la absorción de K se ve favorecido con el nivel K2 y se reduce su absorción de mayor aplicación de fertilizante; en el caso de la producción de polvo de añil también se ve disminuida al aplicar el potasio, sin embargo su concentración en la planta favorece la formación de la indigotina, al menos en las cantidades de 20 y 40 libras/mz se produce una mayor formación del compuesto (K1= 12.35 % K2 = 16.55 %) comparado con el nivel K0 =11.60 %.

Cuadro 24

Tratamiento	Rendimiento de biomasa (gr/planta)	Cantidad de elemento absorbido por la planta (%)			Peso de Polvo (gr)	Indigotina (%)
		N	P	K		
N0 P0 K0	80	3.64	0.22	2.18	0.251	11.60
N0 P0 K1	48	3.69	0.28	1.92	0.119	12.35
N0 P0 K2	52	3.60	0.17	2.36	0.143	16.55
N0 P0 K3	42	2.78	0.22	2.06	0.150	8.32



En el cuadro 25 se observa que al interactuar el Nitrógeno con el Fósforo, tomando la aplicación constante del Fósforo (P2) con los diferentes niveles de Nitrógeno = 0, 20, 40 y 60 lb/mz, en relación a la producción de biomasa, se desarrolló un rendimiento duplicado con el nivel N2xP2, comparándolo con la producción de N0xP2, lo que nos indica la necesidad de ambos elementos para un mayor desarrollo de la planta; de la misma manera se refleja en la absorción de los nutrientes en estudio especialmente el Nitrógeno, que se incrementa a mayor disponibilidad de este en el suelo. En la combinación de los niveles N2P2 favorece la producción de polvo de añil comparado con la dosis N0P2, pero es baja comparado con el nivel N1P2; sin embargo en términos del porcentaje de indigotina el N2P2 produjo más del colorante, en un 19.33 %. En pero la disminuyó el incremento del Nitrógeno en 60 lb/mz

Cuadro 25

Tratamiento	Rendimiento de biomasa (gr/planta)	Cantidad de elemento absorbido por la planta (%)			Peso de Polvo (gr)	Indigotina (%)
		N	P	K		
N0 P2 K0	80	3.29	0.22	1.80	0.178	5.85
N1 P2 K0	60	3.96	0.25	1.79	0.641	11.60
N2 P2 K0	174	4.12	0.31	2.30	0.360	19.33
N3 P2 K0	74	5.34	0.28	2.15	0.111	2.08

Para el siguiente caso, cuadro 26, se ha hecho variar las cantidades de N, P y K en la misma proporción 0, 20, 40 y 60 lb/mz respectivamente. En cuanto a la producción de biomasa el tratamiento N2P2K2 incrementó su rendimiento en 112 gr/ planta comparado con la no aplicación: 80 gr.; sin embargo el tratamiento N3P3K3 disminuyó la producción de biomasa en un 50 % al anterior.

En cuanto la absorción de nutrientes, el Nitrógeno se ve favorecido en una mayor absorción en la medida en que se incrementa la aplicación de fertilizante al suelo, no así el fósforo que es absorbido casi igual a pesar de haberse incrementado su aplicación. El potasio se ve favorecido su absorción al incrementarse su concentración en el suelo con las aplicaciones del fertilizante, principalmente con la combinación N2P2K2 y con el nivel mayor se reduce su absorción.

En relación a la producción de polvo de añil, el nivel cero de los tres elementos produjo mayor cantidad, sin embargo el mayor porcentaje de indigotina lo produjo la aplicación de los niveles más altos del estudio (N3P3K3), con 27.72 % de indigotina, tratamiento que produjo bajo peso de biomasa, y el nivel que produjo más biomasa bajó la elaboración de la indigotina, produciendo más del 100 % la cantidad de indigotina respecto al tratamiento sin aplicación de nutrientes y el nivel inferior a este.



Cuadro 26

Tratamiento	Rendimiento de biomasa (gr/planta)	Cantidad de elemento absorbido por la planta (%)			Peso de Polvo (gr)	Indigotina (%)
		N	P	K		
N0 P0 K0	80	3.64	0.22	2.18	0.251	11.60
N1 P1 K1	54	3.91	0.20	1.96	0.181	7.43
N2 P2 K2	112	4.19	0.23	2.45	0.157	13.48
N3 P3 K3	64	5.25	0.22	2.32	0.244	27.72

Al igual que en el cuadro anterior, en el cuadro 27 se observa que combinar el Nitrógeno y el potasio con las dosis más alta de Fósforo (60 lb/mz), las interacciones de los tres elementos manifiestan un incremento de la biomasa de 115 gr/ planta para N1P3K1, a 158 gr/planta para N2P3K2; sin embargo el N3P3K3 redujo sus producción a 64 gr/planta. De la misma manera se experimenta el incremento de absorción de N y K, al incrementarse las aplicaciones de los fertilizantes en sus respectivos niveles en el suelo; en cambio el fósforo se mantiene constante, para los dos primeros niveles de fertilizantes aplicados y disminuye con los tratamientos mayores del estudio.

En cuanto a la producción de polvo de afil la combinación de N2P3K2 experimenta la mayor producción y la combinación N3P3K3 la más baja producción de polvo, sin embargo esta última combinación produjo la mayor concentración de la indigotina.

Cuadro 27

Tratamiento	Rendimiento de biomasa (gr/planta)	Cantidad de elemento absorbido por la planta (%)			Peso de Polvo (gr)	Indigotina (%)
		N	P	K		
N0 P3 K0	106	3.24	0.23	2.08	0.269	13.86
N1 P3 K1	115	4.11	0.25	1.87	0.201	8.51
N2 P3 K2	158	4.53	0.25	2.13	0.410	13.29
N3 P3 K3	64	4.25	0.22	2.32	0.244	27.72

En el cuadro 28, en la variación de la aplicación de las cantidades de N y K sin aplicar P, la producción de biomasa se vio limitada aún en los niveles más altos de ambos nutrientes, notándose que la ausencia del fósforo puede afectar tanto en la producción de biomasa como en la elaboración de indigotina, a pesar de que los elementos N y P si fueron absorbidos como lo muestra el cuadro, no así el potasio que experimentó una baja absorción, lo que indica que en el proceso bioquímico es requerida la interacción de los nutrientes en cierto balance para construir tejido, como en la producción de sustancias vitales de la planta.



Cuadro 28

Tratamiento	Rendimiento de biomasa (gr/planta)	Cantidad de elemento absorbido por la planta (%)			Peso de Polvo (gr)	Indigotina (%)
		N	P	K		
N0 P0 K0	80	3.64	0.22	2.18	0.251	11.60
N1 P0 K1	69	4.01	0.18	2.37	0.278	10.50
N2 P0 K2	75	4.89	0.27	2.11	0.163	3.60
N3 P0 K3	20	5.12	0.23	2.06	0.125	11.24

En el cuadro 29 se observa que al variar las combinaciones de N y K (0, 20, 40 y 60 lb/mz) manteniendo constante la cantidad de P en el nivel más bajo de aplicación de fertilizante en este estudio (20 lb/mz) en cuanto a la producción de biomasa el mayor rendimiento se obtuvo cuando se aplicó sólo el fósforo y al hacer las otras combinaciones de P con los diferentes niveles de N y K, la biomasa se redujo.

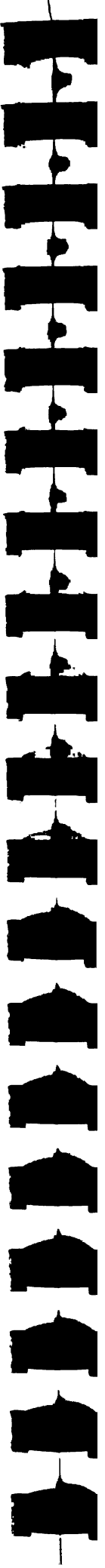
En cuanto a la absorción de N se ve favorecido su absorción al incrementarse sus niveles; el fósforo experimenta cierta variación entre 0.01 a 0.05 % , en cambio el potasio experimenta un incremento en su absorción de acuerdo a su mayor disponibilidad que produce su aplicación al suelo.

La producción de polvo se ve favorecida por los dos niveles altos de N y K y el porcentaje de indigotina experimenta una mayor elaboración por la planta con esos niveles (N2P1K2 y N3P1K3), pareciendo que el nitrógeno y el potasio están en una vinculación con la producción de indigotina por la planta, pero con la presencia del Fósforo.

Cuadro 29

Tratamiento	Rendimiento de biomasa (gr/planta)	Cantidad de elemento absorbido por la planta (%)			Peso de Polvo (gr)	Indigotina (%)
		N	P	K		
N0 P1 K0	80	3.09	0.19	1.81	0.140	9.95
N1 P1 K1	54	3.91	0.20	1.96	0.181	7.43
N2 P1 K2	84	3.98	0.18	2.19	0.250	15.39
N3 P1 K3	71	4.26	0.24	2.33	0.341	14.43

En el último arreglo de los tratamientos (cuadro 30) se mantuvo constante los niveles de N con cero aplicación y P con 40 lb/mz, haciéndose variar las cantidades de potasio de 0 a 60 lb/mz. En estos tratamientos la cantidad de biomasa no experimenta variaciones significativas en su rendimiento por planta.



La absorción de N se mantiene casi similar en los 4 niveles en estudio, limitado por la baja disponibilidad del elemento (disponibilidad natural). El fósforo experimenta variaciones, absorbiéndose en mayor cantidad cuando solo se aplica este elemento y tiende a disminuir; cuando se hace la aplicación de K, el potasio experimenta un incremento por sus niveles de aplicación y en este caso favorecido por la presencia del fósforo.

En cuanto a la producción de polvo de añil se produce mayor cantidad de éste con el nivel P2K2 (0.31 gr.) sin embargo el nivel P2K1 experimenta un mayor porcentaje de indigotina el cual ya se ha reportado en otro análisis de su aplicación en combinación con altos niveles de N y P.

Cuadro 30

Tratamiento	Rendimiento de biomasa (gr/planta)	Cantidad de elemento absorbido por la planta (%)			Peso de Polvo (gr)	Indigotina (%)
		N	P	K		
N0 P2 K0	83	3.29	0.28	1.80	0.178	5.85
N0 P2 K1	87	3.46	0.22	2.61	0.135	21.36
N0 P2 K2	92	3.04	0.21	1.93	0.311	9.40
N0 P2 K3	81	3.16	0.20	2.36	0.207	9.05



6.0 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La evaluación de los niveles de aplicación de nutrientes al suelo, en el presente estudio, ha demostrado diversos comportamientos que la planta de añil experimenta en los diferentes órganos estructurales y sustancias bioquímicas que la constituyen.

6.1 Germinación del añil

Analizando cómo la planta se comporta en su germinación: la planta en sí es muy rústica y produce una gran cantidad de semillas y por tal motivo, según se podido ver en otras plantas que ante tal característica las semillas no todas logran una germinar según en las condiciones en que se desarrollen. Por ejemplo en este estudio, la germinación que se obtuvo en tubetes, un medio de germinación de semillas utilizadas para plantas arbóreas, fue heterogénea, ya que en la mayoría de tubetes el número de semillas, que eran 10/tubete, germinaron en un bajo porcentaje, de 1 a 3 plántulas por tubete, y muy pocos de estos presentaron mayor porcentaje de germinación. Esto demuestra lo que los productores de añil han manifestado, que la semilla por ser tan pequeña en el terreno, es necesario sembrarla a chorro seguido y muy superficial en el suelo, ya que cuando la semilla queda cubierta por mucho suelo, ésta no germina. Si embargo en este estudio se observó que algunas semillas que no germinaron en la fase de semillero, estas emergieron durante el período de crecimiento de las plantas que germinaron normalmente, lo cual parece que la semilla del jiquilite tiene algún factor que inhibe la germinación.

6.1 Altura, diámetro y rendimiento de biomasa por planta.

Según el análisis de varianza nos muestra que los elementos N, P y K aplicados individualmente al cultivo producen efectos diferentes en estas variables, como se explica a continuación.

Nitrógeno

Respecto a la aplicación de nitrógeno su efecto fue significativo cuando se aplica en dosis de 20, 40 y 60 lb/mz en relación a la no aplicación, tanto para altura y diámetro, Estos resultado concuerdan con lo que describe Foth (4) y Xet (9) quienes mencionan que el Nitrógeno es un elemento esencial en el crecimiento de las plantas, ya que el elemento forma parte del protoplasma de las células, y que al haber una mayor formación de protoplasma los tejidos son más suculentos, adquiriendo entonces, la planta un aumento en el tamaño.

No así para biomasa, en donde los niveles de 20 y 40 lb/mz resultaron ser más efectivos, en comparación con la no aplicación y la aplicación de 60 lb/mz. A la edad de 120 días y con una aplicación de 40 lb/mz se obtiene un rendimiento de 28 qq/mz, un dato experimental a nivel de bolsa, el cual parece ser menor al que reporta Ku Quej (8) 85 qq/mz y 50 qq/mz que reporta García (6) para un primer corte en el primer año. En el caso de la no aplicación esta fue menor por la baja disponibilidad del elemento en el suelo, y en el caso de la dosis de 60 lb/mz, la producción de biomasa fue igual como cuando no se aplicó, debido a lo que dice Binder: que una cantidad alta de nitrógeno impide el rizado de los pelos absorbentes radiculares por lo que se reduce la absorción del nitrógeno. Y este mismo comportamiento se tuvo para la formación de brotes, el cual es la base para la producción de biomasa.

La formación de la estructura aérea de la planta esta correlacionada positivamente con el sistema radicular, en los que a mayor formación radicular mayor producción de biomasa y . se comprobó en los niveles de 20 y 40 lb/mz con los que se obtuvo alta formación de raíces de sostén y absorción. Con la no aplicación y el nivel mayor de nitrógeno hubo menor desarrollo de raíces



Se observó que el sistema radicular del cultivo no mostró formación de nódulos, a pesar de ser una leguminosa que tiene la cualidad de fijar nitrógeno a través de la simbiosis con el Rizobium, y esto es debido, según Binder (3), a que la aplicación del fertilizante desfavorece la fijación de ese elemento, ya que se desarrolla una concentración de los iones nitratos (NO_3^-) y amonios (NH_4^+) en el suelo, lo cual bloquea la formación de la nitrogenasa, enzima que participa en la simbiosis de la planta con el rizobium, de tal manera que la ausencia de esta enzima hace que la bacteria muera y no hay formación de nódulos.

Respecto a la producción de indigotina, esta variable tuvo un comportamiento diferente, en donde el nivel de 60 lb/mz de N fue superior respecto a los otros niveles en estudio.

Fósforo

El tratamiento de no aplicación de fósforo tuvo menor desarrollo de la planta respecto a la altura, diámetro, biomasa y sistema radicular, en cambio con las aplicaciones de 20, 40 y 60 lb/mz el añil mostró en estas variables una respuesta significativa respecto a la no aplicación; sin embargo entre las aplicaciones tuvieron un mismo comportamiento estadísticamente. Esto concuerda con lo que cita Binder (3), que las leguminosas tiene una alta demanda de fósforo, y es el más limitante para el establecimiento de las leguminosas. Esto es debido a que el fósforo juega un papel importante en la formación, desarrollo y fortalecimiento de la planta como lo describe Foth (4) y Xet (9) y que cuando este elemento esta deficiente en el suelo este provoca achaparramiento en la planta por el retardo de la división celular; esto último mostró la no aplicación del fósforo. No se omite que el suelo con que se trabajó reportó bajo contenido de fósforo (2 ppm), que sin duda limitó el desarrollo de la no aplicación y la planta mostró respuesta cuando se aplicó el elemento en dosis 20, 40 y 60 lb/mz, siendo mayor el rendimiento en un 24 %, los cuales están dentro las recomendaciones que describe Binder utilizar de 20 a 50 lb/mz para el establecimiento de las leguminosas, dependiendo de la disponibilidad natural del suelo. Aunque es posible que la planta pueda desarrollar una respuesta a dosis mayor del elemento, como lo que trabajó Sankar *et al* en la India, quien obtuvo la máxima producción en gandul, otra leguminosa, con aplicaciones de 43.6 kg/ha de fósforo (66 de fósforo lb/mz).

Potasio

La aplicación del fertilizante potásico con los niveles 0, 20, 40 y 60 lb/mz tuvieron igual efecto sobre las variables altura, diámetro, biomasa y número de brotes, esto debido en primer lugar a que el suelo en su análisis químico mostró 326 ppm, el cual es un nivel alto y según lo describe Foth (4) los suelos con abundancia de potasio disponible, a pesar de que las plantas lo utilizan en altas cantidades más que cualquier elemento, excepto nitrógeno, no responden a las aplicaciones de los fertilizantes potásicos.

Absorción de nutrientes

En el presente estudio la absorción de los nutrientes N, P y K tubo un comportamiento excelente si lo comparamos con lo que nos describe Foth (4) que las leguminosas presentan una composición media de 2.38 % de Nitrógeno, 0.2 % de Fósforo y 1.13 % de potasio. Para el caso del Jiquilite, este presentó porcentajes entre 2.78 y 5.29 para el nitrógeno arriba del promedio descrito por Foth, y de la misma manera se presentó la absorción del potasio entre cantidades de 1.79 % a 2.45 %. En cambio el fósforo se presento entre las cantidades de 0.18 % a 0.33 % comprendido en el promedio citado para éste elemento.



Considerando que el Jiquilite es una planta leguminosa y tiene una capacidad de fijación de nitrógeno, sin embargo la planta tiene una buena capacidad de respuesta a las aplicaciones de fertilizantes, ya que este fue absorbido por la planta en buena proporción, como lo demostró el ANVA, con un comportamiento significativo al 1% de probabilidad. Este comportamiento se efectuó principalmente en los primeros 90 días, donde hubo mayor absorción del elemento, cuyo promedio fue de 4.70%, ya que a los 120 días disminuyó la cantidad de absorción, el más bajo porcentaje de absorción se da cuando no fue aplicado ($N_0 = 0$ lb de N) cuya absorción fue de 3.37%. Este comportamiento está en función de la disponibilidad de los elementos en el suelo y así lo demostró las diversas aplicaciones de fertilizantes efectuadas, y de la edad de la planta, tal es el caso que cuando la planta produjo una mayor producción de biomasa en el último período, la concentración del elemento disminuyó en su concentración en la planta, lo cual concuerda con lo que manifiesta Foth, que la planta varía su absorción y concentración según la edad de ésta y la concentración de elementos se efectúa cuando la planta es más joven, ya que cuando la planta se acerca a su madurez fisiológica declina la concentración de elementos. Dicha concentración en el caso del Jiquilite fue un poco variable debido a que las plantas que tuvieron mayor concentración tenían menor desarrollo foliar y las de mayor producción de follaje observaron en algunos casos menor concentración, pero esto también dependió, como ya se describió antes, de la disponibilidad de elementos aplicados al suelo.

El potasio tuvo similar comportamiento al nitrógeno en su proceso de absorción y concentración, en cambio el fósforo no tuvo diferencia de concentración en la planta en los dos períodos en que se hizo su análisis foliar, debiéndose su variación de concentración más por las diferentes aplicaciones de los elementos, que por la edad de la planta, sin embargo hay que recordar que esta concentración si la relacionamos en términos de peso las cantidades serán distintas, pero en la misma proporción.

Cantidad de indigotina presente en muestras de añil en 50 gramos de hoja fresca a los 120 días.

Al estudiar el efecto del nitrógeno en sus niveles 0, 20, 40 y 60 lb/mz, sin P y K, los niveles que presentaron mayor cantidad de indigotina fueron las muestras de 0 y 60 lb/mz con 0.25 y 0.18 gr respectivamente (23 % de rendimiento del nivel cero más que el nivel N_3), y además les correspondió los más altos porcentajes de indigotina ($N_0 = 11.60$ % y $N_3 = 12.54$ %). Es de considerar que este comportamiento de la planta al producir similar cantidad de indigotina entre la aplicación y la no aplicación, debe de haber estado limitada por la presencia de los otros elementos esenciales (P y K), ya que en el caso del Nitrógeno su absorción depende la presencia de fósforo, el cual es el responsable del desarrollo radicular, como se discutió anteriormente, por lo que cualquier otro nutriente ante una escasa formación de raíces estará limitado en su absorción.

Con relación al trabajo que ejerció el fósforo, los mayores cantidades de polvo por muestra corresponde a los niveles de 60 lb/mz y 0 lb/mz, que son 0.27 y 0.25 gr. respectivamente, en donde los porcentajes de indigotina fueron de 13.86 y 11.6 %. A igual que en el comportamiento de aplicar solo Nitrógeno, la planta de añil con solo la aplicación del fósforo se ve limitada en la producción de indigotina por la ausencia de N y K, ya que la diferencia de entre el nivel 0 y 60 lb/mz es un 2.26 %, y aún en los niveles intermedios de fósforo se nota una disminución de la cantidad de tinta y del porcentaje de indigotina.

Si observamos el comportamiento de la aplicación de fertilizante potásico en la producción de indigotina, los porcentajes de este ingrediente aumentan en forma progresiva en relación a las cantidades de potasio aplicado: siendo para 0 lb./mz = 11.60 %, 20 lb./mz = 12.30 % y 40 lb. = 16.55 %, en cambio para el nivel de 60 lb./mz este bajó a un 8.32 %. Pareciera que en este caso que la producción de indigotina responde a las de los diferentes niveles de potasio aplicado, aún cuando



el suelo lo presenta en alta cantidad, sin embargo cuando la planta encuentra en el suelo el elemento en forma más disponible como elemento fertilizante que como elemento natural, esta los absorberá con facilidad y por lo tanto habrá un mejor efecto en planta, sin embargo como elemento solo tiene limitante en la producción de indigotina, ya que según fuente de los agricultores mencionan que la mejor producción de indigotina está en un promedio de 30 a 35 %. Por lo que se demuestra que solo la aplicación de potasio no responde a la mayor producción de indigotina en el primer año

Considerando la combinación de elementos, en este caso, el nivel de 40 lb./mz fósforo y los diferentes niveles de nitrógeno, se observa que el más alto porcentaje de indigotina por muestra corresponde al nivel 40 de Nitrógeno y 40 de fósforo, que dio un 19.33 % de indigotina, que corresponde a 036 gr. de polvo (por muestra de 50 gr. de follaje verde), luego le sigue el nivel 20 de nitrógeno con un 11.60 % de indigotina y 0.64 gr. de polvo por muestra. Como es de notar en los datos, la planta ha respondido a la aplicación de los dos elementos, como lo reporta Foth (4) que el nitrógeno y fósforo son dos elementos sinérgicos, es decir que es requerido la presencia de ambos para producir un efecto en el desarrollo de la planta y por consiguiente en la producción de diversas sustancias. Sin embargo es de considerar que los altos niveles de cualquier elemento puede restringir la absorción de otros y por lo tanto producir desbalances nutricionales en la planta, tal como se muestra para el nivel N3 P2 que redujo la producción de indigotina a 8.32 %.

En el caso de combinar el mismo nivel de fósforo (P2) con los niveles de potasio, la producción de indigotina en la muestra tiende a bajar cuando se relaciona con los niveles 0, 40 y 60 lb./mz, en más de un 50 % de indigotina y trabaja mejor con una cantidad de 20 lb./mz de potasio resultando una producción de 21.36 % de indigotina y 0.14 gr. de polvo que es más bajo en relación a las cantidades de los otros niveles. En estos resultados vuelve a demostrarse que la aplicación individual de los nutrientes produce menor rendimiento de indigotina, pero cuando se combinan al menos dos nutrientes existe una mejor respuesta de la planta en la producción de indigotina. Aunque en este estudio se observa que la cantidad de potasio no debe ser alta, considerando que el suelo lo tiene en alta cantidad.

Se observa que la aplicación de fósforo ejerce un papel importante en la producción de indigotina en la planta de añil, pues se observa que cuando este no se aplicó y solo se combinaron los niveles de nitrógeno y potasio, la producción bajó en un 50 % en relación a los casos a las combinaciones (NP). Los mejores resultados mejores se obtuvieron con las combinaciones N0K0 = 11.60 %, N1K1 = 10.50 % y N3K3= 11.24 %. En este caso se puede decir que el nitrógeno y el potasio son elementos esenciales para las plantas, sin embargo estos se ven limitados en su absorción por la ausencia del fósforo, como se discutió antes, este es el responsable del desarrollo radicular.

Si analizamos la información anterior observamos que la aplicación de los elementos en forma individual los porcentajes de indigotina tienden a mantenerse en porcentajes similares (11.60% y 13.86%) y bajos en relación cuando se combinan dos elementos como el caso de N2P2 y P2 K1 con los que la producción de indigotina tiende a aumentar y aún la producción es mayor si se combinan los tres: N3P3K3 con 27.72 %.



7.0 CONCLUSIONES

1. La especie de añil *guatemalensis* responde a la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica en relación a la no aplicación:
2. Para las variables altura, diámetro de plantas, producción de biomasa y número de brotes, los niveles 1, 2 y 3 de N, P, y K, produjeron efectos iguales; a excepción del P; para el número de brotes los mejores niveles fueron el 2 y el 3.
3. En relación a la formación del sistema radicular y formación de brotes, la presencia de los elementos N, P y K tienen una influencia muy significativa:
 - La ausencia de Nitrógeno y fósforo ocasiona la escasa formación de raíces de absorción y retarda la formación de brotes
 - A medida que se aumenta el Nitrógeno y el P el crecimiento y la formación de raíces de absorción es mayor, pero se inhibe con la formación con altas cantidades de Nitrógeno; no así con el fósforo.
 - Un aumento en las cantidades de N y P acelera la formación de brotes.
4. La concentración en la planta respecto a los elementos N y K depende de la edad de la planta y de las cantidades disponibles de los elementos en el suelo y para el caso del fósforo depende de la disponibilidad del elemento en el suelo, manteniéndose casi constante su proporción en sus diferentes edades.
5. Cuando se aplicaron los niveles de Nitrógeno y Fósforo en forma individual, lo que mayor contribuyeron a la formación de indigotina fueron N3 y P3 (60 lb./mz), en cambio para potasio fue el nivel de 40 lb./mz (P2).
6. La combinación del nivel P2 (40 lb./mz) con los niveles N1 (20 lb./mz) y N2 (40 lb/mz) produjeron la mayor cantidad de indigotina.
7. La aplicación de Nitrógeno combinada con el Potasio en los niveles de 20, 40 y 60 lb./mz produjeron bajas cantidades de indigotina, lo que demuestra que el fósforo tiene un papel muy importante en la formación de este ingrediente del añil, ya que al combinar los niveles N2 y K3 con el nivel P1 (20 lb./mz), la formación de indigotina se incrementó en más del 50 %.
8. El potasio aplicado individualmente no trabaja eficientemente en la formación de indigotina, siempre necesita del nitrógeno y el fósforo para la formación de indigotina de la planta.
9. Se demostró que el nitrógeno y fósforo trabajan de forma dependiente, es decir, ambos elementos se necesitan mutuamente; en cambio el potasio trabaja de forma independiente del nitrógeno y del fósforo.
10. Cuando la concentración de los elementos absorbidos en la planta es baja el rendimiento de polvo producido es mayor, cuando se tiene una mayor concentración de elementos y ésta alta concentración de nutrientes incide en un mayor % de indigotina.
11. La cantidad de biomasa producida no está correlacionada con la formación de indigotina por la planta.



12. Los fertilizantes aplicados, el sulfato de amonio tiende a desarrollar una reducción del PH del suelo.

13. La semilla de añil reflejó bajos porcentajes de germinación a nivel de semillero.

8.0 RECOMENDACIONES

1. Previo al establecimiento del cultivo del añil es necesario realizar un análisis químico de suelos para poder hacer un buen programa de fertilización de su primer año, para proveer los nutrientes necesarios que aseguren el crecimiento y el desarrollo.
2. Realizar investigaciones sobre métodos de pregerminativos en semilla de añil para mejorar este proceso en la semilla.
3. Evaluar a nivel de ensayos demostrativos las combinaciones de N, P y K siguientes: $T_{20} = N_1P_0K_3$ $T_{21} = N_1P_1K_0$ $T_{50} = N_3P_2K_1$ $T_{64} = N_3P_3K_3$ $T_{10} = N_0P_1K_1$ $T_{59} = N_3P_2K_2$; pues resultaron ser las mejores en la producción de indigotina.
4. Evaluar épocas de aplicación por el nitrógeno y potasio.
5. Hacer evaluaciones combinadas de fertilizantes químicos más orgánicos al suelo y foliares.
6. evaluar el efecto de la fertilización en relación a presencias de plagas y enfermedades.
7. Para evaluar las combinaciones que resultaron más efectivas utilizar los fertilizantes 15-15-0, 20-20-0 para combinaciones de igual nivel de nutrientes.
8. cuando se aplican diferentes niveles utilizar los fertilizantes: sulfato de Amonio o Urea (Este último cuando el suelo tiene problemas de acidez), superfosfato simple (20 % de P_2O_5) y Muriato de potasio (60 % de K_2O).
9. dentro de las evaluaciones de los niveles estudiados considerar en futuras investigaciones el nivel de 70 u 80 lb/mz, principalmente para nitrógeno y fósforo



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZULES, La producción agrícola del añil. GTZ. 19 pag.
2. Barillas, C. Los Secretos del Añil. FESIARA, No. 3, enero /febrero 2003, Pag. 9
3. Binder U.1997, Manual de Leguminosas de Nicaragua. Tomo I y II, Nicaragua, 191 y 528 pag.
4. Foth, H.D., 1986, Fundamentos de la Ciencia del Suelo. 1México, Compañía Editorial Continental, 433 pag.
5. ___FAO. 1980. Uso Óptimo de los fertilizantes para los Cereales, Boletín de Fertilizantes No. 3, Roma, 33 pag.
6. García R, F.A. 1996. Estudio sobre Agronomía del Jiquilite Indigofera sp. Y procesamiento del añil en Chalatenango. ADEL Chalatenango, IICA, Holanda Laderas. C.A. Junio. 9 pag.
7. Hernández L., J., González V., C., Martínez, W.L.1978. Fertilización del Gandul (Cajanus cajan (L) Mill sp) con nitrógeno, fósforo y potasio. UCR. Costa Rica. 14 pag.
8. Ku Quej, V.M. 1997, El Añil en el Sur del Istmo Oaxaqueño, Perspectivas de sustentabilidad de los sistemas agrícolas actuales. Tesis. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, Noviembre, 87 pag.
9. ___Xet, A.M. Productividad del Suelo. Folleto de Clase de Asignatura Edafología II, Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, UES, 96 pag.



