

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

EVALUACION DEL EFECTO DE NIVELES DE NITROGENO Y POTASIO
SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE HOJA DE TABACO
TIPO BURLEY (Nicotiana tabacum L),
EN LA REFORMA, HUIITE, ZACAPA.

ELMER ESTUARDO GATICA TRABANINO

1, 9 9 4

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

**EVALUACION DEL EFECTO DE NIVELES DE NITROGENO Y POTASIO
SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE HOJA DE TABACO
TIPO BURLEY (*Nicotiana tabacum* L),
EN LA REFORMA, HUITE, ZACAPA.**

T E S I S

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

P O R

ELMER ESTUARDO GATICA TRABANINO

en el acto de investidura como:

INGENIERO AGRONOMO

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO**

1,994.

**PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central**

22
01
T(1930

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:

VOCAL PRIMERO

VOCAL SEGUNDO

VOCAL TERCERO

VOCAL CUARTO

VOCAL QUINTO

SECRETARIO

ING. AGR. EFRAÍN MEDINA GUERRA

ING. AGR. MAYNOR ESTRADA ROSALES

ING. AGR. WALDEMAR NUFIO REYES

ING. AGR. CARLOS MOTTA DE PAZ

PROF. GABRIEL AMADO ROSALES

BR. AUGUSTO SAUL GUERRA GUTIERREZ

ING. AGR. MARCO ROMILIO ESTRADA MUY

Guatemala, Noviembre de 1,994.

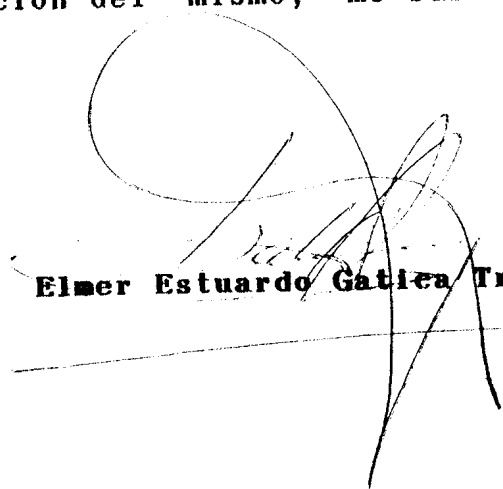
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR
FACULTAD DE AGRONOMIA, USAC.

En cumplimiento con lo establecido en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE NIVELES DE NITRÓGENO Y POTASIO SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE HOJA DE TABACO TIPO BURLEY (Nicotiana tabacum L), EN LA REFORMA, HUIITE, ZACAPA.

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola en el grado académico de Licenciado.

Esperando contar con la aprobación del mismo, me suscribo de ustedes deferentemente.



Elmer Estuardo Gatica Trabanino

ACTO QUE DEDICO:

A DIOS:

Fuente de sabiduría, de quién
proviene la inteligencia del
hombre.

A MIS PADRES;

JOAQUIN GATICA QUINTEROS

(Q.E.P.D.)

JULIA TRABANINO ALDANA DE GATICA.

Como un pequeño reconocimiento a su
gran esfuerzo, en mi formación
profesional.

A MI HIJO:

JOAQUÍN ESTUARDO GATICA ARRIOLA.

Como ejemplo para tu futuro.

A MIS HERMANOS:

MARIA MAGDALENA

JORGE GEOVANNY

Con cariño y aprecio.

A MIS TIOS:

En especial a **SOFÍA TRABANINO DE
CORDÓN**, por su hospitalidad durante
la fase de campo de la
investigación.

A MIS PRIMOS:

En General

**A MIS AMIGOS Y COMPANEROS
DE TRABAJO:**

Con aprecio y respeto.

TESIS QUE DEDICO:

A:

GUATEMALA

**LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA**

LA FACULTAD DE AGRONOMIA

**LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE
AGRICULTURA -ENCA-**

**LOS PRODUCTORES DE TABACO DEL NORORIENTE
DE LA REPUBLICA.**

ZACAPA, MI PUEBLO.

AGRADECIMIENTOS :

A: MIS ASESORES: INGENIEROS AGRONOMOS: CARLOS FERNANDEZ PEREZ Y CARLOS RODERICO ORELLANA CORDON; por las sugerencias y acertadas correcciones al presente trabajo.

ING. AGR. CARLOS BARRIOS OCHAITA; de Distribuidora Agrícola de Guatemala (DISAGRO), por los fertilizantes y el financiamiento para los análisis foliares de tabaco.

ING. AGR. JUAN BAUTISTA MORALES Y LICDA. RUTH ALBANES, de Tabacalera Nacional, por los análisis de nicotina y pruebas de fumado.

INGENIEROS AGRONOMOS: JOHN KELLEY, FRANCISCO CRUZ, EFRAIN GRANADOS Y ARTURO CONTRERAS, de Tabacalera Centro Americana, por el apoyo logístico y pruebas de fumado.

ING. AGR. JUAN SALVADOR SANDOVAL, de la Dirección Técnica de Semillas por el apoyo logístico durante la ejecución de la investigación.

LOS SEÑORES: RUDY ALFREDO PAZ Y CARLOS SANCHEZ, por brindar el terreno donde se ubicó la investigación y proporcionar la mano de obra durante la fase de campo del estudio.

BR. ABDEL MENDEZ, por su colaboración en la impresión de la investigación.

Las personas que de una u otra forma participaron en la ejecución del estudio, **MUCHAS GRACIAS.**

INDICE GENERAL

	Página
INDICE GENERAL	1
INDICE DE FIGURAS	11
INDICE DE CUADROS	v
RESUMEN	x
INTRODUCCION	1
2. JUSTIFICACION	2
3. MARCO TEORICO	3
3.1 Marco conceptual	3
3.2. Marco referencial	10
4. OBJETIVOS	12
5. HIPOTESIS	12
6. METODOLOGIA	13
6.1. Técnicas experimentales	13
6.2. Metodología de campo	15
6.3. Variable respuesta	16
6.4. Análisis de la información	16
7. RESULTADOS Y DISCUSION	18
7.1. Rendimientos	18
7.1.1. Rendimiento total de tabaco	18
7.1.2. Rendimiento de B ₁	23
7.1.3. Rendimiento de hojas grado C ₁ , C ₂ , B ₂ , X y DN	26
7.2. Contenido de nicotina	26
7.2.1. Contenido de nicotina en hojas grado B ₁	27
7.2.2. Contenido de nicotina en hojas grado C ₁	28
7.2.3. Características generales del fumado	30
7.3. Acumulación de nutrientes	31
7.4. Análisis económico	60
8. CONCLUSIONES	62
9. RECOMENDACIONES	64
10. BIBLIOGRAFIA	65
11. ANEXOS	68

INDICE DE FIGURAS:

Página

Figura 1.	Efecto del nitrógeno amónico aplicado al suelo, sobre el rendimiento total de hoja de tabaco tipo burley, en La Reforma, Huité, Zacapa.	22
Figura 2.	Efecto del potasio aplicado al suelo sobre el rendimiento total de hoja de tabaco tipo burley, en La Reforma, Huité, Zacapa.	23
Figura 3.	Respuesta del tabaco ante aplicaciones de nitrógeno, para el rendimiento de hoja grado B ₁ .	24
Figura 4.	Efecto del potasio aplicado al suelo, sobre el rendimiento de hoja grado B ₁ .	25
Figura 5.	Comportamiento del contenido de nicotina en hojas grado B ₁ , ante aplicaciones de nitrógeno amónico aplicado al suelo, en hojas de tabaco tipo burley.	28
Figura 6.	Efecto de niveles de nitrógeno sobre el contenido de nicotina en hojas grado C ₁ de tabaco tipo burley.	29
Figura 7.	Acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante respecto a la aplicación de nitrógeno al suelo.	34
Figura 8.	Acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante respecto a la aplicación de potasio al suelo.	34

- Figura 9. Tasa relativa de acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días después del trasplante. 35
- Figura 10. Acumulación de fósforo en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante, respecto a la aplicación de nitrógeno al suelo. 39
- Figura 11. Acumulación de fósforo en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante, respecto a la aplicación de potasio 40
- Figura 12. Tasa relativa de acumulación de fósforo en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días después del trasplante. 40
- Figura 13. Acumulación de potasio en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días después del trasplante respecto a la fertilización con nitrógeno. 45
- Figura 14. Acumulación de potasio en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante, respecto a la fertilización con potasio. 46
- Figura 15. Tasa relativa de acumulación de potasio en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días después del trasplante. 47
- Figura 16. Acumulación de calcio en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante, respecto a la fertilización con nitrógeno. 51
- Figura 17. Acumulación de calcio en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante, respecto a la fertilización con potasio. 52

Figura 18.	Tasa relativa de acumulación de calcio en hojas de tabaco tipo burley, a los 30, 60 y 90 días del trasplante.	52
Figura 19.	Efecto de niveles de nitrógeno a los 30, 60 y 90 días del trasplante sobre la acumulación de magnesio en hojas de tabaco tipo burley.	57
Figura 20.	Efecto de niveles de potasio a los 30, 60 y 90 días del trasplante, sobre la acumulación de magnesio en hojas de tabaco tipo burley.	58
Figura 21.	Tasa relativa de acumulación de magnesio en la parte foliar del tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante.	58
Figura 22A.	Diagrama de la parcela neta	73
Figura 23A.	Croquis del experimento	74

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Volúmen de las exportaciones de tabaco en rama y elaborado para el período 1988-1993.	9
Cuadro 2. Disponibilidad de Ca^{++} , Mg^{++} , K^{+} , P_{205} , pH, materia orgánica, clase textural, CIC, %SB, e interpretación de valores reportados, para el suelo donde se ubicó la investigación	11
Cuadro 3. Combinaciones de nitrógeno y potasio que se implementaron en el estudio.	14
Cuadro 4. Cantidad de nitrógeno que se aplicó a los 5 y 20 días después del trasplante.	14
Cuadro 5. Cantidad de K_{20} que se aplicó a los 5 y 20 días después del trasplante.	15
Cuadro 6. Análisis de varianza para rendimiento total de hoja de tabaco tipo burley, respecto a la fertilización al suelo con nitrógeno y potasio.	18
Cuadro 7. Comparación de medias de Dunnet para rendimiento total de hoja de tabaco, respecto a la fertilización con nitrógeno aplicado al suelo.	19
Cuadro 8. Comparación de medias de Dunnet para el rendimiento total de hoja de tabaco respecto a la fertilización con potasio	19
Cuadro 9. Análisis de varianza para el rendimiento total de hoja de tabaco respecto a la fertilización con potasio	20
Cuadro 10. Comparación de medias de Dunnet para el rendimiento total de hoja de tabaco.	21
Cuadro 11. Análisis de varianza para el rendimiento de hoja B_1 , respecto a la fertilización con nitrógeno y potasio.	23

Cuadro 12.	Comparación de medias de Dunnet para el efecto de niveles de nitrógeno sobre el rendimiento de hoja curada de grado B ₁	2 4
Cuadro 13.	Comparación de medias de Dunnet para el efecto del potasio sobre el rendimiento de hoja curada grado B ₁	25
Cuadro 14.	Análisis de varianza para el rendimiento de hoja de grado C ₁ , C ₂ , B ₂ , X ₁ y DN.	26
Cuadro 15.	Análisis de varianza para el contenido de nicotina en hojas grado B ₁ de tabaco respecto a la fertilización con nitrógeno y potasio	27
Cuadro 16.	Comparación de medias de Tuekey para el efecto del N sobre el contenido de nicotina en hojas grado B ₁ de tabaco	27
Cuadro 17.	Análisis de varianza para contenido de nicotina en hojas grado C ₁ de tabaco tipo burley.	28
Cuadro 18.	Comparación de medias de Tukey para el efecto de niveles de nitrógeno sobre el contenido de nicotina en hojas grado C ₁ de tabaco.	29
Cuadro 19.	Características generales del fumado de tabaco tipo burley, grado C ₁	30
Cuadro 20.	Análisis de varianza para la acumulación de nitrógeno a los 30, 60 y 90 días después del trasplante.	31
Cuadro 21.	Comparación de medias de Tukey para la acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco a los 60 y 90 días del trasplante, respecto a la aplicación de nitrógeno.	32
Cuadro 22.	Comparación de medias de Tukey para la acumulación de N en hojas de tabaco a los 90 días del trasplante, respecto a la interacción nitrógeno-potasio	33

Cuadro 23.	Análisis de varianza para la acumulación de nitrógeno a los 30, 60 y 90 días del trasplante, respecto a las combinaciones de nitrógeno y potasio.	35
Cuadro 24.	Comparación de medias de Tukey para la acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco a los 60 y 90 días del trasplante, respecto a la fertilización con nitrógeno y potasio.	36
Cuadro 25.	Análisis de varianza para la acumulación de fósforo en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante.	37
Cuadro 26.	Comparación de medias de Tukey para la acumulación de fósforo en hojas de tabaco a los 60 días del trasplante, respecto a la aplicación de nitrógeno.	38
Cuadro 27.	Comparación de medias de Tukey para la acumulación de fósforo a los 90 días del trasplante, respecto a la interacción de nitrógeno-potasio	38
Cuadro 28.	Análisis de varianza para la acumulación de fósforo en un diseño experimental unifactorial de bloques al azar, a los 30, 60 y 90 días del trasplante	41
Cuadro 29.	Comparación de medias de Tukey para la acumulación de fósforo a los 30 y 90 días del trasplante.	42
Cuadro 30.	Análisis de varianza para la acumulación de potasio en hojas de tabaco a 30, 60 y 90 días del trasplante respecto a la fertilización con nitrógeno y potasio.	43
Cuadro 31.	Comparación de media de Tukey para la acumulación de potasio en hojas de tabaco, a los 90 días del trasplante, respecto a la interacción nitrógeno potasio	44
Cuadro 32.	Análisis de varianza para la acumulación de potasio en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante.	47

Cuadro 33.	Comparación de medias de Tukey para la acumulación de potasio en hojas de tabaco a los 30 y 90 días del trasplante.	48
Cuadro 34.	Análisis de varianza para la acumulación de calcio en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante, respecto a la fertilización con nitrógeno y potasio	49
Cuadro 35.	Comparación de medias de Tukey para la acumulación de CaO en hojas de tabaco a los 60 y 90 días del trasplante.	50
Cuadro 36.	Análisis de varianza para la acumulación de calcio en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante.	53
Cuadro 37.	Comparación de medias de Tukey para la acumulación de calcio en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante, respecto al nitrógeno y potasio	54
Cuadro 38.	Análisis de varianza para la acumulación de magnesio en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante.	55
Cuadro 39.	Prueba de Tukey para la acumulación de magnesio en hojas de tabaco a los 60 días del trasplante, respecto a la fertilización con nitrógeno	55
Cuadro 40.	Prueba de medias de Tukey para la acumulación de magnesio en hojas de tabaco a los 90 días del trasplante, respecto a la interacción nitrógeno y potasio	56
Cuadro 41.	Análisis de varianza analizada en un diseño unifactorial en bloques al azar para la acumulación de magnesio en hojas de tabaco tipo burley, a los 30, 60 y 90 días del trasplante	59
Cuadro 42.	Comparación de medias de Tukey para la acumulación de magnesio en hojas de tabaco a los 60 y 90 días después del trasplante	60

Cuadro 43.	Tasas marginales de costos variables para las diferentes combinaciones de nitrógeno y potasio	61
Cuadro 44.	Análisis de residuos para las diferentes combinaciones de nitrógeno y potasio	61
Cuadro 45.	Programa fitosanitario en semilleros de tabaco tipo burley en La Reforma, Huité, Zacapa	69
Cuadro 46.	Programa fitosanitario del tabaco tipo burley en la zona de Zacapa	70
Cuadro 47.	Cronograma de actividades	71
Cuadro 48.	Costos de producción de tabaco tipo burley en la zona de Zacapa. Temporada 1993-1994.	72

**EVALUACION DEL EFECTO DE NIVELES DE NITROGENO Y POTASIO SOBRE
EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE HOJA DE TABACO TIPO BURLEY
(*Nicotiana tabacum* L), EN LA REFORMA, HUIITE, ZACAPA.**

**EVALUATION OF THE EFFECT OF NITROGEN AND POTASH LEVELS ON
YIELD AND QUALITY TOBACCO LEAVES TYPE BURLEY
(*Nicotiana tabacum* L.), IN LA REFORMA, HUIITE, ZACAPA**

R E S U M E N :

La investigación se efectuó en la aldea La Reforma, en Huité, Zacapa. Los suelos pertenecen a la serie de Los valles no diferenciados. El diseño que se utilizó fué bloques al azar con arreglo factorial 3X5 y 3 repeticiones.

Los niveles de nitrógeno fueron: 127, 254 y 381 kg/ha; los niveles de potasio fueron: 61, 122, 183, 244 y 305 kg/ha. Las variables que se evaluaron fueron: rendimiento total de hoja; rendimiento de grados DN, X_1 , B_1 , B_2 , C_1 y C_2 ; contenido de nicotina en grados B_1 y C_1 ; acumulación de N, P, K, Ca y Mg en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante y análisis económico.

Los resultados mostraron que los mayores rendimientos totales de hoja se obtuvieron con 381 kg N/ha con 3.25 ton hoja/ha; 305 y 183 kg K_2O /ha con 3.19 y 3.09 ton hoja/ha respectivamente. Los mayores rendimientos de hoja grado B_1 se obtuvieron al fertilizar con 254 kg N/ha con 1.07 ton hoja/ha; 305, 244 y 183 kg K_2O /ha con 1.10, 1.05 y 1.04 ton hoja/ha respectivamente. La fertilización con nitrógeno mostró efectos altamente significativos sobre el contenido de nicotina en los grados B_1 y C_1 respectivamente.

A los 60 días del trasplante la fertilización con N reportó efectos significativos sobre la acumulación de N, P_2O_5 , CaO y MgO; La fertilización con K_2O reportó efectos significativos sobre la acumulación de CaO en tabaco. A los 90 días del trasplante la fertilización con K_2O reportó efectos significativos sobre la acumulación de K_2O , CaO y MgO; La fertilización con N reportó efectos altamente significativos sobre la acumulación de N, P_2O_5 , K_2O , CaO y MgO en hojas de tabaco tipo burley.

El análisis económico reportó que la mayor tasa de retorno del costo variable correspondió al tratamientos 254 kg N/ha-183 kg K_2O /ha.

1. INTRODUCCION:

El cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L), según el Banco de Guatemala (10), ocupa el 13avo. lugar de las exportaciones. En 1988 el área que se sembró fue 6,300 ha y se exportaron 7,000 ton a Estados Unidos, Alemania y Japón. En 1992 se exportó 11,723.58 ton de tabaco en rama que generó U\$ 30.512,287.00 y 1,899.73 ton de tabaco elaborado con un valor de U\$ 7.752,660.00; que generó empleo a 17,500 familias.

Mejía García (5), indica que los departamentos en donde se concentra el mayor porcentaje de la producción nacional de tabaco son: Zacapa con 37.47%, El Progreso con 26.18% y Jalapa 11.18%.

Los factores de la producción que determinan la cantidad y calidad de tabaco exportable son: variedades, condiciones del suelo, prácticas agronómicas y labores de post-cosecha.

La fertilización es una práctica agronómica que determina rendimiento y calidad de hoja. Al aplicar cantidades crecientes de nitrógeno se provoca un incremento del rendimiento de hoja, incremento del contenido de nicotina, prolongación del ciclo vegetativo, predisposición al ataque de insectos chupadores y tabacos verde canela al curarse; cantidades crecientes de potasio, mejora las características de combustión, textura, elasticidad, pero incrementa el costo de producción.

Los criterios que se toman en cuenta para determinar calidad son: longitud de la hoja, color, textura o cuerpo, aroma, madurez, daño de la hoja, brillantez, ancho de la hoja, grosor, uniformidad y contenido de nicotina.

La investigación surge por la necesidad de evaluar el efecto del nitrógeno y potasio sobre el rendimiento y contenido de nicotina en tabaco tipo burley, y pretende determinar las combinaciones de nitrógeno y potasio que incrementa el rendimiento de hoja de tabaco exportable, con un nivel de nicotina menor del 5% y a bajo precio.

2. JUSTIFICACION:

El cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L), ha cobrado importancia económica en Guatemala por los volúmenes que exporta a Estados Unidos, Alemania, Reino Unido, Japón y Centro América. Para el productor, representa un cultivo con bajo nivel de riesgo en producción y en el precio, alta rentabilidad y constituye una importante fuente de trabajo.

Las compañías procesadoras y exportadoras de tabaco enfatizan la fertilización con nitrógeno y potasio. La fertilización en la zona de Zacapa varía en cantidad y épocas de aplicación, para las diferentes empresas que exportan tabaco. Tabacalera Centroamericana fertiliza con 254 kg N/ha, 40 kg P_2O_5 /ha, 183 kg K_2O /ha, a los 5 y 20 días después del trasplante; La tabacalera Nacional fertiliza con 298 kg N/ha, 78 kg P_2O_5 /ha, 265 kg K_2O /ha, a los 4, 20 y 35 días después del trasplante; CASA Export fertiliza con 260 kg N/ha, 65 kg P_2O_5 /ha, 208 kg K_2O , a los 5, 30 y 40 días después del trasplante; Tabacos Maya fertiliza con 291 kg N/ha, 78 kg P_2O_5 /ha, 327 kg K_2O /ha a los 5, 25 y 40 días después del trasplante.

El nitrógeno participa activamente en la formación foliar de la planta y determina el contenido de alcaloides, especialmente alquitrán y nicotina. Aplicaciones crecientes de nitrógeno producen incrementos del rendimiento pero provocan aumento del contenido de nicotina, retraso en la maduración, alteración del aroma y problemas en el curado de la hoja.

El potasio junto con el nitrógeno, determina el rendimiento de hoja, mejora la textura, color, elasticidad y características de combustión de la hoja, pero incrementa el costo de producción.

Harder, Mutert, Liang (15), al evaluar dosis de potasio en las provincias de Anhui, Henan, Hebei, Jiangsu y Shandong, en China, reporta que aplicaciones de K_2O , mejoran significativamente la calidad y valor del tabaco curado.

El contenido de nicotina determina las proporciones de tabaco que se utilizan en las mezclas al elaborar cigarrillos.

Los precios durante la temporada 1993-94 para las diferentes calidades fueron: primera Q.10.80/kg, segunda Q.9.75/kg, tercera Q.8.20 y cuarta Q.6.00. La investigación pretende determinar las combinaciones de nitrógeno y potasio que incrementen el rendimiento y calidad de hoja, con adecuados contenidos de nicotina y a bajo costo.

3. MARCO TEORICO

3.1. Marco conceptual:

3.1.1. Origen y distribución del tabaco:

Llanos Company (17), indica que la especie *Nicotiana tabacum* L, es originaria de américa del sur y proviene de *Nicotiana tomentosiformis* X *Nicotiana glauca*, es anfiploide y posee 24 pares de cromosomas. Se encuentra en forma natural en América, Australia y Pacífico Sur.

La Organización para la Alimentación y la Agricultura -FAO- (8), reporta que *Nicotiana tabacum* L, se cultiva entre los 60° latitud norte y 40° latitud sur. La mitad de la producción mundial se encuentra en Asia, un cuarto en América del Norte y el resto en Europa, América del Sur y Océania. La temperatura ideal de 24 a 27°C; requiere de suelos francos ó franco arcillosos, ligeramente ácidos y p^H de 5.0 a 6.03.

3.1.2. Características de la planta:

Bailey (2), indica que *Nicotiana tabacum* L, es una planta herbácea y algunas veces arbustivas, hojas de 31 cm de longitud o más, oblonga-lanceolada, acuminada y sésil. Flores de 3.8 a 5.0 cm, pediceladas, con pequeñas brácteas, calix oblongo con segmentos desiguales, agudas ó lanceoladas. Corola sin pubescencia, forma de chimenea y color rosado o rojo. Cápsula ovoide de 1.91 cm de longitud.

Cronquist (6), ubica taxonómicamente al tabaco en:

Reino:	Vegetal
Sub-reino:	Embryobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Sub-clase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	<i>Nicotiana</i>
Especie:	<i>Nicotiana tabacum</i> L.

3.1.3. Tipos de tabaco:

Llanos Company (17), indica que en base a criterios agronómicos, industriales y comerciales, el tabaco se clasifica en: tabacos claros curados en atmósfera artificial (flue-cured), tabacos claros curados al aire tipo burley, tabacos oscuros curados al aire, tabacos aromáticos (orientales), tabacos curados al fuego (fire-cured), tabacos curados al aire (air-cured).

Cruz Nájera (8), indica que el 95% del tabaco que se cultiva en Guatemala es tipo burley air-cured.

Mejía García (19), concluye que de acuerdo al censo de 1979, el departamento de Zacapa concentra el 37.5% del área cultivada con tabaco.

3.1.4. Calidades de tabaco:

Cruz Nájera (8), indica que la calidad del tabaco depende del proceso de comercialización que establecen las compañías tabacaleras. Los parámetros que se consideran para determinar calidad son: posición de la hoja en la planta, tamaño de la hoja, intensidad de color, textura ó cuerpo, aroma, madurez, porcentaje de daño en la hoja, brillantez, ancho de la hoja, elasticidad, uniformidad y contenido de aceite.

Las hojas bajas pertenecen al primer piso foliar. Son hojas de cuerpo delgado a medio, enteras, muy maduras, y de color caoba claro a caoba oscuro. No admite tintes verdosos, amarillentos, daños por curación y presenta manchas por *Cercospora nicotianae* (ojo de sapo). Presenta los grados: 1L, 2L, 3L y 4L.

Grado 1L: hojas con 20 pulgadas o más de largo, uniformidad de 95% en color, calidad y limpieza.

Grado 2L: hojas de 18 pulgadas de longitud, 90% de uniformidad en color, calidad y limpieza.

Grado 3L: hojas con 16 pulgadas de largo; 80% de uniformidad en color, calidad y limpieza.

Grado 4L: Hojas con 14 pulgadas de largo; 75% de uniformidad en color, calidad y limpieza.

Las hojas delgadas o livianas pertenecen al segundo piso foliar. Son hojas de cuerpo medio, enteras, maduras, lisas y de color caoba claro a oscuro; no admite tintes verdosos, amarillentos, daños por efectos de curación, mezclas con hojas pesadas y materias extrañas; ocasionalmente dañadas por *Cercospora nicotianae* (ojo de sapo). Presenta los grados 1L, 2L, 3L y 4G.

Grado 1L: hojas de 20 pulgadas o más de largo, 95% de uniformidad en color, calidad y limpieza.

Grado 2L: Hojas de 18 pulgadas de largo, 90% de uniformidad en color, calidad y limpieza.

Grado 3L: hojas de 16 pulgadas de largo, 80% de uniformidad en color, calidad y limpieza.

Grado 4G: este grado se caracteriza por ser tabaco inmaduro, cuerpo medio, acabado opaco, delgadas, 70% de uniformidad, 30% de daño máximo por enfermedades, no se considera ancho ni largo de las hojas. Se puede observar pequeñas manchas amarillo verdosas por deficiente curación.

Las hojas gruesas o pesadas pertenecen al tercer piso foliar. Son hojas de cuerpo grueso a medio, enteras, muy maduras; y color marrón a caoba claro; no admite tintes verdosos, amarillentos, mezclas con hojas livianas, daños por efectos de curación y materias extrañas en los mazos de tabaco. Presenta los grados 1P y 2P.

Grado 1P: hojas de 20 pulgadas o más de largo, 95% de uniformidad en color, calidad y limpieza.

Grado 2P: hojas de 18 pulgadas de largo, 90% de uniformidad en color, calidad y limpieza.

Las hojas denominadas puntas pertenecen al cuarto piso foliar. Son hojas de cuerpo grueso, enteras, maduras y color marrón a caoba oscuro; no admite tintes verdosos, amarillentos, daños por efectos de curación, mezclas con hojas livianas y materias extrañas. Presenta los grados 3P y 4P.

Grado 3P: hojas de 16 pulgadas de largo, 90% de uniformidad en color, calidad y limpieza.

Grado 4P: hojas de 14 pulgadas de largo, 80% de uniformidad en color, calidad y limpieza.

Llanos Company (17), indica que las restricciones en el contenido de nicotina son variables y dependen de la oferta del producto, y es función de condiciones ambientales, país de procedencia y finalidad en la producción.

3.1.5. Alcaloides:

Bidwell (5), indica que los alcaloides son un grupo extremadamente heterogéneo de compuestos con uno o más átomos de nitrógeno, generalmente un anillo heterocíclico. Se encuentran en las partes jóvenes y a menudo se sintetizan en la raíz.

Alvarado (1), indica que la planta de tabaco sintetiza los siguientes alcaloides: Nicotina ($C_{10}H_{14}N_2$), nornicotina ($C_9H_{12}N$), anabasina ($C_{10}H_{10}N_2$), icoteína ($C_{10}H_{12}N_2$), isonicotina ($C_{10}H_{12}N_2$), y n-metil-anabasina ($C_{11}H_{16}N_2$).

Llanos Company (17), revela que la nicotina es el alcaloides más importante del tabaco, es líquido e incolora, soluble en agua, tóxico, ebulle a $247^{\circ}C$ y al calentarse desprende vapores irritantes. En la hoja curada o fermentada se encuentra en forma de sal sódica de diferentes ácidos orgánicos.

Flores Auceda (11), al evaluar el efecto del despunte y épocas de corte sobre el rendimiento y calidad del tabaco (*Nicotiana tabacum* L), tipo burley en la zona de Nueva Concepción, Escuintla, Concluyó que: el despunte con la época de corte, producen efectos significativos sobre el contenido de nicotina.

Papa Escudero (21), al evaluar dosis y épocas de aplicación de fertilizante amónico y nítrico sobre el rendimiento y contenido de nicotina en tabaco tipo burley (*Nicotiana tabacum* L), en la Fragua, Zacapa; concluyó que: fuentes y épocas de aplicación no producen efectos significativos en el contenido de nicotina; la tendencia que se manifestó fué: incremento de nicotina al incrementar nitrógeno y la fuente nítrica sintetizó más nicotina que la fuente amónica.

Cruz Nájera (8), menciona que, el contenido de nicotina en la planta se modifica con: labores culturales (despunte, deshije, época de corte y fertilización), condiciones ambientales (suelo, clima y agua de riego), y cultivares.

3.1.6. Fertilización:

Peedin, G.F; Smith, W.D; Yelverton, F.H. (22), recomienda el uso eficiente de los nutrientes del suelo a través del análisis de laboratorio y prácticas de manejo.

Schmid, K. (24), calculó la absorción de nutrientes del tabaco y concluyó que 2,500 kg hojas/ha con 2.5% N, 0.7% P_2O_5 , 6.0% K_2O , 5.2% CaO y 16% de humedad; absorbió 52 kg N/ha, 14 kg P_2O_5 /ha, 126 kg K_2O /ha, 109 kg CaO/ha.

Bear, F. (3), reportó que el tabaco para un rendimiento de 2,240 kg/ha, con 20% de humedad, extrajo 78 kg N/ha, 17 kg P_2O_5 /ha y 112 kg K_2O /ha.

Bennett, R; Nau, H; Hawks, S. (4), concluyeron que el tabaco para un rendimiento de 1,680 kg hojas/ha con 20% de humedad y 1,120 kg tallos/ha, extrajo 75 kg N/ha, 16 kg P_2O_5 /ha, 100 kg K_2O /ha, 55 kg CaO/ha y 135 kg MgO/ha.

Jacob, A; Uexkull, H. (12), reportan que 1,800 kg hojas de tabaco/ha con 20% de humedad, extraen 130 kg N/ha, 40 kg P_2O_5 /ha y 240 kg K_2O /ha.

3.1.6.1. Nitrógeno:

Martin-Prevel (18), indica que, el nitrógeno es constituyente básico de proteínas que conforman estructuras sub-celulares y enzimas; forma ácidos nucleicos. La materia seca vegetal contiene de 1 a 5% de nitrógeno.

Martin y Watson 1948, citado por Devlin (9), muestra que al suministrar concentraciones elevadas de nitrógeno a la planta, se observa una tendencia a incrementar el número y tamaño de células en hojas y aumento general en la producción de hojas.

Devlin (9), reporta que, el nitrógeno es componente esencial de proteínas, al disminuir el nitrógeno disponible, disminuye la síntesis de proteínas, se reduce el tamaño de las células y el ritmo de división celular.

Peedin, G.F; Smith, W.D; Yelverton, F.H. (22), reporta que el nitrógeno afecta la cantidad y calidad del tabaco en mayor proporción que otros nutrientes. Bajas cantidades de nitrógeno provoca reducción del rendimiento, hojas pálidas, suaves al curarlas y mala textura. Exceso de nitrógeno provoca retraso de madurez, prolongación del tiempo de curado, mayor proporción de hojas inmaduras que se someten al curado, incremento del ataque de insectos chupadores, pérdidas de nitrógeno por lixiviación en el suelo e incremento de costos.

Llanos Company (17), indica que el nitrógeno afecta el contenido de nicotina, nitratos y amoníaco en hojas. Interviene en la asimilación del potasio y fósforo, cuyos contenidos en hojas disminuyen al aplicar cantidades excesivas de nitrógeno al suelo.

Papa Escudero (21), al evaluar dosis y épocas de aplicación de fertilizantes amónico y nítrico sobre el rendimiento y contenido de nicotina en tabaco tipo burley (*Nicotiana tabacum* L), en Estanzuela, Zacapa; concluyó que al aplicar 135, 270, 405 kg N/ha de fertilizante amónico y nítrico en 0, 20, 30 días después del trasplante; 5, 25, 35 días después del trasplante, no provocaron diferencias en el rendimiento promedio total con 1,342 kg de hoja/ha; además, 135 kg N/ha, provocó diferencias en rendimiento de hoja de segunda delgada con 164 kg/ha; 405 y 270 kg N/ha, provocan diferencias en rendimiento de hoja primera gruesa con 518 y 354 kg/ha respectivamente; 135 y 270 kg N/ha, provocaron diferencias en rendimiento de segunda gruesa con 187 y 127 kg/ha respectivamente. El tratamiento con mayor tasa de retorno de capital fue 405 kg N amónico/ha con 249.5%.

Hoyt, G.D. (16), al evaluar dosis de nitrógeno ureico durante los años 1988, 1989 y 1991 en las localidades de Laure Springs, Buncombe Country y Hoywood Country de Carolina del Norte, en las variedades Tn-86, Ky-14 y Tn-90, concluyó que la mayor respuesta del tabaco tipo burley se obtuvo al aplicar 202 y 226 kg N/ha, con rendimientos de 2.18 y 2.91 ton/ha respectivamente. Aplicaciones mayores de 280 kg N/ha, mostró reducción del rendimiento.

3.1.6.2. Fósforo:

Llanos Company (17), revela que el fósforo desempeña un papel de menor importancia en tabaco, pues interesa rendimiento foliar, sin embargo, es necesario aplicar este elemento para crecimiento normal de la planta.

3.1.6.3. Potasio:

Martin-Prevel (18), indica que el potasio desempeña las funciones de: neutralización de radicales ácidos, hidratación de microestructuras, economía del agua y mantenimiento de la presión osmótica; activación de enzimas, y favorecer la síntesis de compuestos polimerizados, activación del transporte de metabolitos y activación de divisiones celulares.

Bidwell (5), indica que el potasio desempeña papeles catalíticos en síntesis y conformación de proteínas, determina la exposición de sitios activos e interviene en la respiración y metabolismos de carbohidratos.

Martin y Watson 1948, citados por Devlin (9), indica que la deficiencia de potasio afecta la respiración, fotosíntesis, síntesis de clorofila y contenido de agua en las hojas.

Nass y Macelroy 1963, citados por Devlin (9), revelan que el potasio es esencial como activador de enzimas que intervienen en la síntesis de uniones peptídicas.

Jacob, A; Uexkull, H. (12), indican que el efecto del potasio en tabacos para cigarrillos es promover la formación de carbohidratos y favorecer la síntesis de proteínas. Altos contenidos de carbohidratos y proteínas con bajo contenido de amidas, determinan las propiedades del tabaco al fumarse.

Härdter, R; Müttert, E; Liang, D. (15), "Concluyeron que en suelos café amarillentos con 65 ppm K^+ cambiabile, al aplicar 45 kg N/ha, 90 kg P_2O_5 /ha con 0, 67, 134 y 200 kg K_2O /ha, se obtienen rendimientos de 1,119; 1,984; 2,089 y 2,163 kg hojas/ha respectivamente. La calidad del tabaco al aplicar 45 kg N/ha, 90 kg P_2O_5 /ha con 0 kg K_2O /ha, fué 5%, hoja de baja calidad 22% y hoja de última calidad 73%. Al aplicar 45 kg N/ha, 90 kg P_2O_5 /ha y 200 kg K_2O /ha las calidades de hoja que se obtuvieron fueron: alta calidad 26%, mediana calidad 56%, baja calidad 12% y última calidad 4%. En suelos francos de origen aluvial con 165 ppm de K^+ cambiabile, al aplicar: 0, 90, 179 y 268 kg K_2O /ha, se obtienen rendimientos de 2,686; 2,745; 2,715 y 2,715 kg de hoja curada/ha respectivamente. La mejora del precio del kilogramo de tabaco en relación al tratamiento 0 kg K_2O /ha fue: +13.3% para 90 kg K_2O /ha, +30.3% para 179 kg K_2O /ha y +44.0% para 268 kg K_2O /ha".

Jacob, A; Uexkull, H. (12), reportaron que el potasio determina la combustión uniforme y el tiempo de encendido del cigarrillo. Además, determina elasticidad, textura, cuerpo de la hoja y susceptibilidad a enfermedades.

3.1.7. Perspectivas económicas del tabaco:

Mejías García (19), " al diagnosticar las perspectivas del tabaco en Guatemala, concluye que entre 1,975 a 1,985, el promedio de área sembrada fué: 4,900 ha; con una tasa de crecimiento anual de 3.34%. El tabaco necesita 355 jornales/ha/año."

El cuadro 1 muestra el volúmen y monto de las exportaciones de tabaco en rama y elaborado, para el período 1,986 a 1,992.

Cuadro 1. Volúmen de las exportaciones de tabaco en rama y procesado para el período 1,988 a 1,993.

Año	Tabaco en rama		Tabaco procesado	
	Volúmen (kg)	Monto US\$	Volúmen(kg)	Monto US\$
1986	5,148,216	10,879,346	346,362	633,311
1987	4,147,213	11,569,185	423,728	940,180
1988	14,101,814	17,248,463	560,208	1,692,942
1989	7,101,313	17,949,797	661,599	2,464,763
1990	8,339,459	20,997,785	634,997	2,074,183
1991	6,403,207	15,885,077	1,029,342	4,380,137
1992	11,723,580	30,512,247	1,899,757	7,752,660
1993	16,546,964	39,854,852	864,012	3,927,196

Fuente: Sección de estadísticas cambiarias, Banco de Guatemala, período 1,986-1,993.

La sección de estadísticas cambiarias del Banco de Guatemala (13), indica que los mayores compradores del tabaco guatemalteco son: Estados Unidos, Japón, Alemania, Reino Unido, Países Bajos y Centro América.

Ortiz López (20), al explicar microeconómicamente la importancia del tomate, maíz, melón, okra y tabaco en la zona semiárida de Guatemala, utilizando como criterios para explicar el riesgo en la producción y precio el coeficiente de variación y la media; concluye que el tabaco es importante por su elevado ingreso neto esperado con Q.3,620.74/ha; su bajo riesgo en la variación de producción y precio, con coeficientes de variación de 0.33 y 0.73 respectivamente; las relaciones entre el productor y comprador, que beneficia al productor de tabaco, en relación a productores de otros cultivos.

3.2. Marco referencial:

3.2.1. Sitio experimental:

3.2.1.1. Localización:

La investigación se realizó en la aldea La Reforma, Huité, Zacapa. Las coordenadas son: latitud norte 14°57'25", longitud oeste 89°42'30" y su altitud es de 198 msnm.

3.2.1.2. Condiciones climáticas:

De la Cruz (7), ubica a La Reforma en la zona de vida: monte espinoso subtropical (me-S).

Los registros de la estación meteorológica Pasabién¹, Río Hondo, Zacapa (14), para un período de 10 años, reporta: precipitación media anual 703.25 mm; días de lluvia media anual 101 días; temperatura media anual 26.95°C; humedad relativa media anual: 73.0%; evapotranspiración media anual a la intemperie 1,649.7 mm.

3.2.1.3. Condiciones edáficas:

El sitio experimental según Simmons, Pinto y Tárano (26), corresponden a los suelos de Los valles no diferenciados, los cuáles se originan de materiales metamórficos y aluviales, no se tipifican dentro de alguna serie en particular y poseen alta fertilidad natural con buena aptitud para cultivos.

Shelton, J.E. (25), reporta que para el tabaco la materia orgánica en el suelo deberá ser 3%, densidad aparente de 1.15 g/cm³, capacidad de intercambio catiónico de 15 Meq/100 g de suelo a más, saturación de bases mayor del 80%, pH: 6.0 ó ligeramente más alto, disponibilidad de fósforo de 51 a 100 ppm, calcio equivalente al 60% o más del CIC y magnesio del 10 al 20% del CIC.

Ortiz López (20), al explicar microeconómicamente la importancia del tomate, maíz, melón, okra y tabaco en la zona semiárida de Guatemala, utilizando como criterios para explicar el riesgo en la producción y precio el coeficiente de variación y la media; concluye que el tabaco es importante por su elevado ingreso neto esperado con Q.3,620.74/ha; su bajo riesgo en la variación de producción y precio, con coeficientes de variación de 0.33 y 0.73 respectivamente; las relaciones entre el productor y comprador, que beneficia al productor de tabaco, en relación a productores de otros cultivos.

3.2. Marco referencial:

3.2.1. Sitio experimental:

3.2.1.1. Localización:

La investigación se realizó en la aldea La Reforma, Huité, Zacapa. Las coordenadas son: latitud norte 14°57'25', longitud oeste 89°42'30'y su altitud es de 198 msnm.

3.2.1.2. Condiciones climáticas:

De la Cruz (7), ubica a La Reforma en la zona de vida: monte espinoso subtropical (me-S).

Los registros de la estación meteorológica Pasabién¹, Río Hondo, Zacapa (14), para un periodo de 10 años, reporta: precipitación media anual 703.25 mm; días de lluvia media anual 101 días; temperatura media anual 26.95°C; humedad relativa media anual: 73.0%; evapotranspiración media anual a la intemperie 1,649.7 mm.

3.2.1.3. Condiciones edáficas:

El sitio experimental según Simmons, Pinto y Tárano (26), corresponden a los suelos de Los valles no diferenciados, los cuáles se originan de materiales metamórficos y aluviales, no se tipifican dentro de alguna serie en particular y poseen alta fertilidad natural con buena aptitud para cultivos.

Shelton, J.E. (25), reporta que para el tabaco la materia orgánica en el suelo deberá ser 3%, densidad aparente de 1.15 g/cm³, capacidad de intercambio catiónico de 15 Meq/100 g de suelo a más, saturación de bases mayor del 80%, pH: 6.0 ó ligeramente más alto, disponibilidad de fósforo de 51 a 100 ppm, calcio equivalente al 60% o más del CIC y magnesio del 10 al 20% del CIC.

Steward, J. (27), de Agro Service International Inc, reporta que los valores de P, Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , B y S en suelos de clase textural franca utilizando la solución extractora de doble ácido diluido o de Carolina del Norte se interpreta cómo: Ca^{++} (Meq/100g suelo): bajo de 0 a 8.16, adecuado de 8.17 a 16.33 y alto de 16.34 a 24.5. Mg^{++} (Meq/100g suelo): bajo de 0 a 3.97, adecuado de 3.98 a 7.94 y alto de 7.95 a 11.93. K^+ (Meq/100g suelo): bajo de 0 a 0.628, adecuado de 0.629 a 1.256 y alto de 1.257 a 1.886. La relación $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$: bajo de 0 a 0.628, adecuado de 0.629 a 1.256 y alto de 1.257 a 1.886. La relación $\text{Mg}^{++}/\text{K}^+$: baja de 0 a 5.63, adecuada de 5.64 a 11.25 y alta de 11.26 a 16.90. P (ppm): bajo de 0 a 46, adecuado de 47 a 94 y alto de 95 a 141. B (ppm): Bajo de 0 a 1.32, adecuado de 1.33 a 2.64 y alto de 2.65 a 3.97. S (ppm): bajo de 0 a 37, adecuado de 38 a 74 y alto de 75 a 111.

El Cuadro 2, muestra los valores del análisis de suelo reportado por Agro Service International Inc y Laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Cuadro 2. Disponibilidad de Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , P, materia orgánica, pH, clase textural, CIC, %SB e interpretación de valores reportados, para el suelo donde se ubicó la investigación.

	Elementos disponibles (muestra)			Interpretación.	Elementos disponibles
	AGRO SERVICE	FAUSAC	FAUSAC		
pH	7.5	8.0	8.0	alcalina	8.0
P (ppm)	58	>50	229.3	adecuado	-
K^+ (Meq/100 g)	0.67	1.089	1.128	adecuado	1.40
Ca^{++} (Meq/100 g)	9.8	12.17	13.09	adecuado	9.04
Mg^{++} (meq/100 g)	5.03	4.47	4.68	adecuado	3.23
$\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$	1.90	2.72	2.80	bajo a adecuado	-
$\text{Mg}^{++}/\text{K}^+$	7.50	4.10	4.15	bajo a adecuado	-
Clase textural	franca	franca	franca	adecuada	-
Materia orgánica	1.80	1.30	1.21	baja	-

Fuente: Agro Service International Inc; Laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

4. OBJETIVOS:

- 1- Evaluar el efecto del nitrógeno y potasio sobre el rendimiento de hoja de tabaco (Nicotiana tabacum) tipo burley.
- 2- Evaluár el efecto de los niveles de nitrógeno y potasio sobre las calidades y contenidos de nicotina en hojas de tabaco tipo burley.
- 3- Determinar el efecto de diferentes niveles de N y K_2O aplicados al suelo, sobre la acumulación de N, P_2O_5 , K_2O , CaO y MgO, a los 30, 60 y 90 días después del trasplante en hojas de tabaco tipo burley.
- 4- Determinar el efecto de las combinaciones de nitrógeno y potasio sobre el retorno marginal del costo variable en cultivo del tabaco tipo burley.

5. HIPOTESIS:

- 1- El rendimiento de hoja de tabaco tipo burley (Nicotiana tabacum L), y el retorno marginal del costo variable, variarán significativamente, al variar las dosis de nitrógeno y potasio.
- 2- La acumulación de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en la parte foliar del tabaco tipo burley, variará significativamente, al variar los niveles de nitrógeno y potasio que se apliquen al suelo.
- 3- Las calidades de hoja de tabaco y el contenido de nicotina, variarán significativamente, al variar las dosis de nitrógeno y potasio que se apliquen.

6. METODOLOGIA:

6.1. Técnicas experimentales:

6.1.1. Diseño experimental:

Se utilizó el diseño bloques al azar en arreglo factorial 3 X 5 con 3 repeticiones. Cada bloque tuvo un ancho de 6 m y 45 m de longitud.

La figura 1A, muestra el croquis del experimento y la aleatorización de los tratamientos en cada bloque.

6.1.2. Unidad experimental:

La unidad experimental se conformó por una parcela de 18 m² (3m X 6m), cada replica del diseño factorial tuvo 15 unidades experimentales y en total 45 unidades en el experimento. El área total fue de 810 m², el área de la parcela neta fué 10 m²; y los datos que se analizaron provinieron de 20 plantas. La densidad del experimento fue 20,000 plantas/ha.

6.1.3. Tratamientos

La fertilización que utilizan los agricultores de la región según el programa de Tabacalera Centroamericana es: 254 kg N/ha, 60 kg P₂O₅/ha y 183 kg K₂O/ha, la que se utilizó como tratamiento testigo.

Los factores que se evaluaron fueron niveles de nitrógeno y potasio. Los niveles de K₂O fueron 61, 122, 183, 244 y 305 kg/ha; los que provinieron de adicionar y sustraer aritméticamente en dos series 61 kg/ha a la dosis testigo 183 kg/ha.

Los niveles de nitrógeno fueron: 127, 254 y 381 kg/ha; los que provinieron de adicionar y sustraer 127 kg N/ha a la dosis testigo 254 kg N/ha.

La fuente de nitrógeno que se utilizó fué: sulfato de amonio (21% N amoniacal y 24% de azufre); la de potasio fué: sulfato de potasio (50% K₂O y 1.8% de azufre), la fuente de fósforo fué: triple super fosfato (0-46-0).

La primera fertilización se realizó 5 días después del trasplante con el 60% del N, 100% de P₂O₅ y 60% de K₂O. La segunda fertilización se realizó 20 días después del trasplante con el 40% N y 40% de K₂O.

El Cuadro 3, muestra las combinaciones de nitrógeno y potasio que se implementaron en el estudio.

Cuadro 3. Combinaciones de N y K₂O que se implementaron en el estudio.

Tratamientos	Niveles de nitrógeno	Niveles de potasio
1	127	61
2	127	122
3	127	183
4	127	244
5	127	305
6	254	61
7	254	122
8	254	183
9	254	244
10	254	305
11	381	61
12	381	122
13	381	183
14	381	244
15	381	305

El Cuadro 4 muestra las dosis de nitrógeno que se aplicó a los 5 y 20 días después del trasplante.

Cuadro 4. Cantidad de nitrógeno que se aplicó a los 5 y 20 días después del trasplante.

	127 kg N/ha	254 kg N/ha	305 kg N/ha
5 días	76	152	228
20 días	51	102	153

El Cuadro 5, muestra las cantidades de K₂O que se aplicó a los 5 y 20 días después del trasplante.

Cuadro 5. Cantidades de K_2O que se aplicó a los 5 y 20 días después del trasplante.

	61 kg/ha	122 kg/ha	183 kg/ha	244 kg/ha	305 kg/ha
5 días	37	73	110	146	183
20 días	24	49	73	98	122

6.2. Metodología de campo:

La investigación se implementó en el mes de octubre. En el semillero se utilizó el cultivar Tennessee-88. Sasscer, C. (23), indica que el cultivar Tennessee-88 reporta rendimientos de 2,864 kg/ha. Es susceptible al virus del mosaico del tabaco, muy susceptible a Fusarium sp. y moho azul (Peronospora tabacina fsp Nicotianae), moderadamente resistente a las razas 0 y 1 de Pythophtora parasitica fsp Nicotianae).

Los tabloncillos se trataron con bromuro de metilo y metalaxil (Ridomil 5G). La siembra se realizó 4 días después de aplicar bromuro de metilo.

El Control de plagas y enfermedades se efectuó con pesticidas aprobados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. El cuadro 35 muestra el programa fitosanitario del tabaco durante la fase de semillero.

Durante la fase de campo definitivo la preparación del terreno se hizo con un paso de arado y dos de rastra la desinfestación del terreno se efectuó con Mocap (Ethoprop), y Temik 15G (Aldicarb).

El trasplante se efectuó 45 días después de la germinación a una distancia de 0.5 m entre planta y 1.0 m entre surcos; La densidad que se obtuvo fué 20,000 plantas/ha.

La prevención y control de plagas y enfermedades se efectuó con pesticidas aprobados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América. El Cuadro 36 muestra el programa fitosanitario que se implementó en el campo definitivo.

El desflore se efectuó a los 60 días después del trasplante. El deshije se efectuó 75 días después del trasplante. El corte de las plantas, se realizó a los 91 días del trasplante y el curado del tabaco, se efectuó durante 40 días posterior del corte.

6.3. Variables respuesta:

6.3.1. Rendimiento de hoja curada de tabaco:

Las hojas provenientes de las parcelas netas, se clasificaron y pesaron por calidades en el campo. Los rendimientos se expresaron en ton tabaco/ha.

6.3.2. Contenido de nicotina:

El contenido de nicotina se determinó en hojas grado 1G y 1D, ya que son las de mayor valor económico. La muestra, se tomó a partir de 2 hojas por cada calidad de cada tratamiento. Cada muestra fué molida y tamizada a 20 mesh, el secado y análisis químico de las muestras se efectuó en el laboratorio de control de calidad de Tabacalera Nacional.

La calidad de fumado del tabaco, mediante pruebas de fumado por catadores de Tabacalera Nacional.

6.3.3. Acumulación de nutrientes:

Las muestras refieren la acumulación de nutrientes en las hojas a los 30, 60 y 90 días del trasplante. Cada muestra se secó a 55° C durante 15 días y molidas a 20 mesh en un molino Wiley de acero inoxidable. Se pesaron 0.50g por muestra y se incineraron en una mufla a 450 °C, durante 4 horas. A las cenizas se les agregó 25 ml de HCl 1N y se hicieron diluciones para cuantificar Ca, Mg y K en espectro fotómetro de absorción atómica. El N se cuantificó por digestión húmeda en micro-kjeldahl.

6.3.4. Análisis económico:

El análisis económico se efectuó a nivel de tasa marginal de retorno de costo variable. Adicionalmente, se efectuó el análisis de residuos, y se utilizó como retorno mínimo aceptable el 100% de la tasa del costo variable.

Los pasos que se siguieron fueron:

- 1- Se cuantificó el costo variable de los tratamientos, asociados a los fertilizantes nitrógenados, potásicos y el costo de su aplicación.
- 2- Se determinó el ingreso bruto de cada tratamiento.
- 3- Se cuantificó el ingreso neto de cada tratamiento.
- 4- Se determinó la tasa marginal de retorno del costo variable
- 5- Análisis económico por medio de los residuos.

6.4. Análisis de la información:

El análisis de varianza para el arreglo factorial 3 X 5, se efectuó en las variables contenido de nicotina en hojas C_1 y B_1 ; rendimiento de hoja curada de las calidades C_1 , C_2 , X_1 , B_1 , C_2 , DN y rendimiento total de tabaco. Las variables de rendimiento donde existieron diferencias significativas, se sometieron a la prueba de Dunnet al 5%. Se utilizó como tratamiento testigo relativo 254 kg N/ha, 183 kg P_2O_5 /ha.

Para incluir el tratamiento 254 kg N/ha, se analizó el rendimiento total de tabaco en el diseño bloques al azar con 17 tratamientos y 3 repeticiones. La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Dunnet al 5%, y se utilizó como testigo el tratamiento 0 kg N combinado con 0 kg K_2O .

El análisis de varianza para acumulación de nutrientes se efectuó en el diseño bloques al azar con arreglo factorial 3 X 5, y el diseño unifactorial en bloques al azar, la comparación de medias que se utilizó fué Tukey al 5%.

6.4.1. Modelo lineal aditivo:

$$Y_{jkl} = U + B_j + A_k + B_l + (AB)_{kl} + \epsilon_{jkl}$$

Y_{jkl} : j-ésima variable respuesta correspondiente a la k, l-ésima unidad experimental.

U: Efecto de la media general

B_j : Efecto de los bloques (j= 1,2,3)

A_k : Efecto de los niveles de nitrógeno (k=127, 254 y 381)

B_l : Efecto de niveles de potasio (l= 61, 122, 183, 244 y 305)

$(AB)_{kl}$: Efecto de la interacción de niveles de nitrógeno y potasio

ϵ_{jkl} : Efecto del error experimental (jkl= 1,2,3,...45)

7. RESULTADOS Y DISCUSION:

7.1. Rendimientos:

Las variables rendimiento de hoja de tabaco se analizó a partir de los grados que se presentaron en el campo y rendimiento total de hoja curada. Los parámetros de importancia para determinar los diferentes grados en hojas de tabaco en el campo fueron longitud de la base al ápice, coloración y posición de la hoja. Los grados que se obtuvieron en el campo se convirtieron a su equivalente en la clasificación internacional.

7.1.1. Rendimiento total de tabaco:

La variable incluye el peso total de hoja de tabaco que presentó cada tratamiento, sin tomar en cuenta sus grados comerciales.

El análisis de varianza para el rendimiento total de hoja de tabaco que se muestra en el Cuadro 6, reporta que, los niveles de nitrógeno mostraron diferencias altamente significativas sobre el rendimiento y los niveles de potasio diferencias significativas sobre la variable. La interacción de los niveles de nitrógeno con potasio, estadísticamente no afectaron al rendimiento de hoja de tabaco. Los resultados mostraron que el nitrógeno reportó mayores efectos sobre el rendimiento total de hoja de tabaco en relación al potasio y la interacción nitrógeno-potasio.

Cuadro 6. Análisis de varianza para rendimiento total de hoja de tabaco.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc	FT	
				0.05	0.01
Bloques	2				
Nitrógeno	2	1.128	8.57 **	3.34	5.45
Potasio	4	0.474	3.60 *	2.71	4.07
Nit. X Pot.	8	0.161	1.25 NS	2.29	3.23
Error	28	0.132			
Total	44				

C.V. 12.24%

*: Valores significativos
 **: Valores altamente significativos
 NS: No existe significancia

Lo anterior concuerda con lo que reportaron Peedin, G.F.; Smith, W.D. y Yelverton, F.H. (22), donde aplicaciones de nitrógeno afectaron la cantidad y calidad de hoja de tabaco en mayor proporción que otros nutrientes.

Los datos que se obtuvieron coinciden con los resultados que obtuvo Papa Escudero (21), al evaluar dosis, épocas y fuentes de nitrógeno en tabaco tipo burley, en La Fragua, Zacapa, donde aplicaciones de nitrógeno mostraron efectos significativos sobre el rendimiento total de hoja de tabaco. El Cuadro 7, presenta la comparación de medias de Dunnet para el rendimiento total de tabaco, donde el tratamiento 381 kg N/ha reportó mayor rendimiento con 3.25 ton/ha, respecto al tratamiento control 254 kg N/ha.

Cuadro 7. Comparación de medias de Dunnet para el efecto del nitrógeno sobre el rendimiento total de hoja de curada de tabaco tipo burley.

Tratamientos	Rend. (ton/ha)	Diferencia ¹
381 kg N/ha	3.25	0.34 A
127 kg N/ha	2.74	-0.17 B
Control 254 kg N/ha	2.91	0 B

Comparador Dunnet 0.05: 0.31 ton/ha

*: Tratamientos con la misma literal se consideran iguales

El Cuadro 8, muestra la comparación de Dunnet para el rendimiento de tabaco respecto a los niveles de potasio, y reporta que 305 kg K₂O/ha obtuvo 3.191 ton hoja/ha. Los tratamientos 61, 122 y 244 kg K₂O/ha, mostraron rendimientos menores al tratamiento control.

Cuadro 8. Comparación de medias de Dunnet para el efecto del potasio sobre el rendimiento de hoja total de tabaco tipo burley.

Tratamientos	Rend. (ton/ha)	Diferencias
305 kg K ₂ O/ha	3.19	0.1 NS
244 kg K ₂ O/ha	2.98	-0.11
122 kg K ₂ O/ha	2.94	-0.15
61 kg K ₂ O/ha	2.63	-0.46
Control 183 kg K ₂ O/ha	3.09	0

Comparador Dunnet al 0.05: 0.45 ton hoja/ha

Los datos que se obtuvieron coincidieron con los que reportaron Hårdter, R; Müttert, E; Liang, D. (15), al evaluar dosis de potasio en las provincias de Anhui, Hebei, Henan, Jiangsu y Shandong en China; donde el potasio tendió a incrementar el rendimiento total de tabaco y a mejorar las proporciones de las calidades de hoja que se obtuvieron; donde aplicaciones de 0, 67, 134 y 200 kg K_2O /ha, reportaron rendimientos de 1,119, 1,984, 2,089 y 2,163 kg hoja/ha.

El Cuadro 9, muestra el análisis de varianza para el rendimiento total de hoja de tabaco, en el diseño unifactorial bloques al azar, donde se reporta que, las dosis de nitrógeno y potasio aplicados en forma combinada, reportaron diferencias altamente significativas sobre el rendimiento.

Cuadro 9. Análisis de varianza para el rendimiento total de tabaco respecto a las dosis de nitrógeno y potasio aplicadas en forma combinada.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc	Ft 0.05
Bloques	2			
Tratam	16	0.93	7.56**	1.97
Error	32	0.12		
Total	50			

Coefficiente de variación: 12.39%

****:** Diferencias altamente significativas.

El cuadro 10 presenta la comparación de medias de Dunnet para el rendimiento total de hoja de tabaco del experimento unifactorial, donde los mayores rendimientos se obtuvieron al aplicar 254 kg N/ha + 183 kg K_2O /ha con 3.41 ton hoja/ha; 381 kg N/ha + 122 kg K_2O /ha con rendimientos de 3.40 ton hoja/ha; respecto al control 254 kg N/ha con un rendimiento de 2.47 ton hoja/ha. El tratamiento 0 kg N/ha-0 kg K_2O /ha reportó el rendimiento mas bajo de hoja de tabaco, por lo que para obtener rendimientos económicos es necesario fertilizar con nitrógeno y potasio.

Los resultados muestran que el nitrógeno reporta mayor importancia sobre la producción total de hoja de tabaco en relación a la fertilización con potasio, pero la interacción entre ambos, potencializa el efecto sobre el rendimiento de hoja total de tabaco.

Cuadro 10. Comparación de medias de Dunnet para la variable rendimiento total de tabaco, analizado en un diseño unifactorial bloques al azar.

Tratamientos kg N - K ₂ O/ha	Promedios ton hoja/ha	Presentación de medias
254 - 183	3.41	A
381 - 122	3.4	A
381 - 244	3.32	B
254 - 305	3.24	B
381 - 183	3.21	B
127 - 305	3.18	B
381 - 61	3.16	B
381 - 305	3.14	B
254 - 244	2.95	B
254 - 122	2.68	B
127 - 244	2.68	B
127 - 183	2.65	B
254 - 0	2.47	B
127 - 61	2.46	C
254 - 61	2.27	C
0 - 0	1.18	C

Comparador Dunnet 0.05: 0.87 ton hoja/ha.

*: Tratamientos con la misma literal se consideran estadísticamente iguales

Lo anterior concuerda con lo que reportó Hårdter, R; Müttert, E; Liang, D. (15), al evaluar niveles de K₂O en las provincias de Anhui, Hebei, Henan, Shandong y Jiangsu, en China, donde aplicaciones de potasio mejoraron el rendimiento y calidad de la hoja de tabaco.

La figura 1, evidencia que el rendimiento total de hoja de tabaco se incrementó al aumentar las dosis de nitrógeno que se aplicaron al suelo. La tendencia es de tipo lineal con correlación de 0.98 entre las variables.

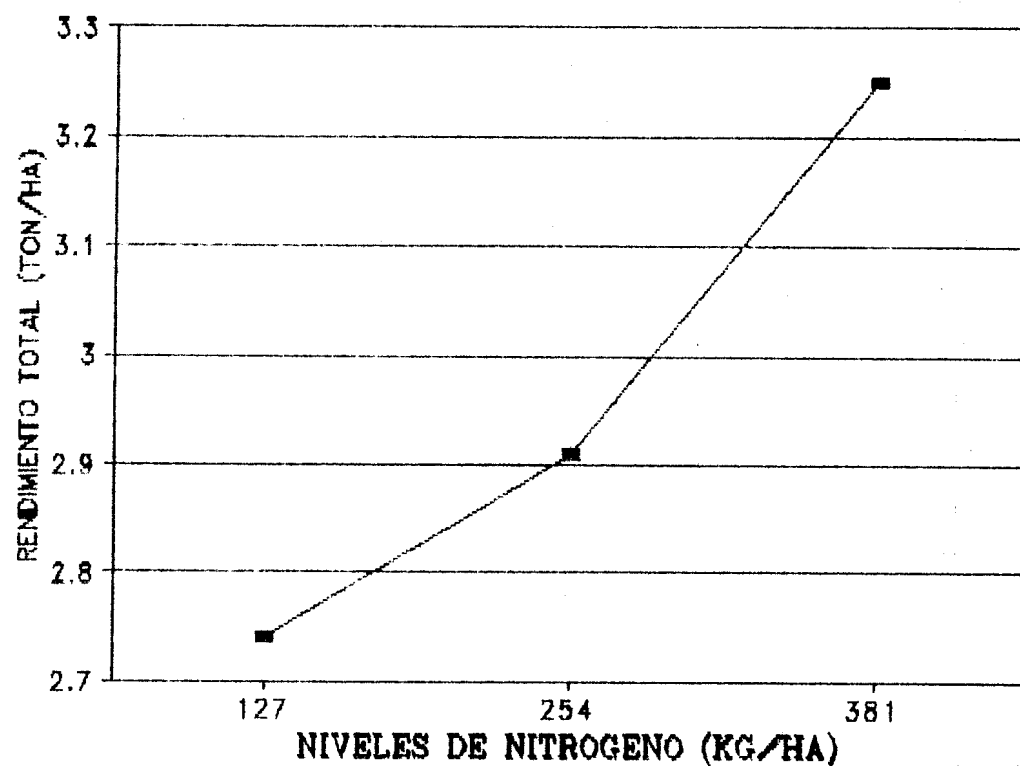


Figura 1. Efecto del nitrógeno aplicado al suelo sobre el rendimiento total de hoja de tabaco tipo burley, en La Reforma, Huité, Zacapa.

La figura 2, muestra el efecto de los niveles de potasio, sobre el rendimiento total de hoja de tabaco; donde el incremento de las dosis de potasio representó leves incrementos del rendimiento. La mayor respuesta se obtuvo al aplicar 183 y 305 kg K_2O /ha. La tendencia que se observó fué de carácter logarítmico con correlación entre las variables de 0.93. El modelo de regresión que más se adaptó fué $Y = 1.72X^{0.1069}$

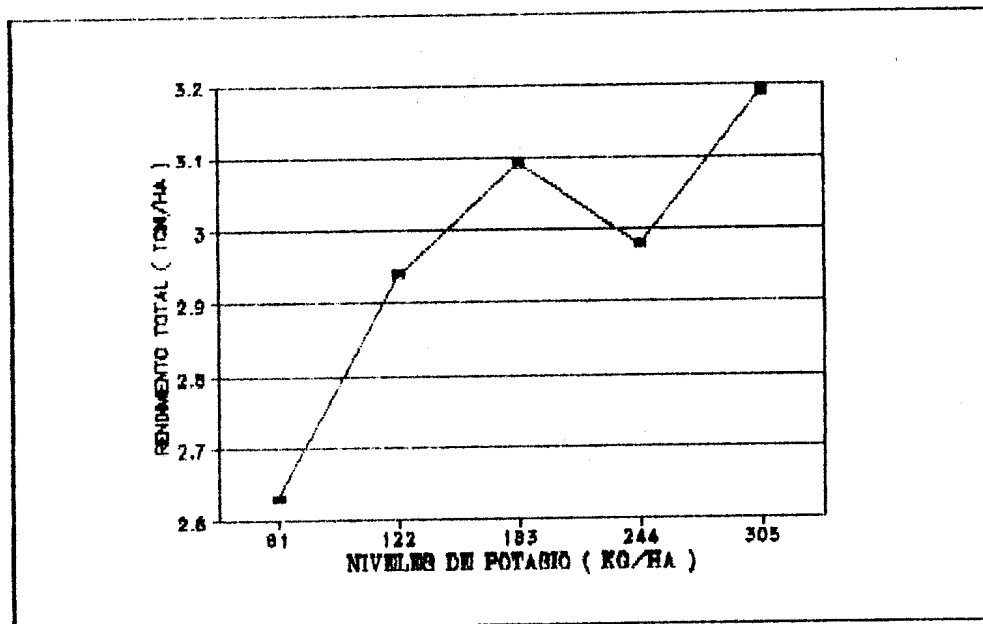


Figura 2. Efecto del potasio sobre el rendimiento total de hoja de tabaco tipo burley, en La Reforma, Huité, Zacapa.

7.1.2. Rendimiento de B_1 :

El cuadro 11, muestra el análisis de varianza para el grado B_1 , e indica que los niveles de nitrógeno y potasio reportaron diferencias significativas en el rendimiento. La interacción entre niveles de nitrógeno y potasio no reportaron diferencias significativas en el rendimiento. Las aplicaciones de nitrógeno y potasio en forma individual y combinadas, afectaron la producción de hoja de tabaco de este grado.

Cuadro 11. Análisis de varianza para rendimiento de tabaco grado B_1 .

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc	Ft	
				0.05	0.01
Bloques	2				
Nitrógeno	2	0.24	4.08 *	3.34	5.45
Potasio	4	0.17	2.91 *	2.71	4.07
Nit X Pot	8	0.09	1.54 NS	2.29	3.23
Error	28	0.06			
Total	44				

C.V.(%): 24.58

*/ Existe significancia entre tratamientos

N.S. No existe significancia entre tratamientos

La comparación de medias de Dunnet que muestra el Cuadro 12, indica que, el tratamiento de nitrógeno que reportó mayor rendimiento de hoja fué 254 kg N/ha con 1.07 ton/ha.

Cuadro 12. Comparación de medias de Dunnet para el efecto de niveles de nitrógeno sobre el rendimiento de hoja curada de grado B₁.

Tratamientos	Promedios (ton/ha)	Presentación ¹
254 kg N/ha	1.07	A
381 kg N/ha	1.06	B
127 kg N/ha	0.85	B

Comparador Dunnet 0.05: 0.24 ton/ha

1/: Tratamientos con la misma literal se consideran iguales

Lo anterior concuerda con lo que reportó Papa Escudero (21), donde aplicaciones de 405 y 270 kg N/ha, reportaron diferencias en el rendimiento de primera gruesa con rendimientos de 0.518 y 0.354 ton/ha respectivamente.

La figura 3, indica que aplicaciones de nitrógeno mejoraron el rendimiento de hoja de tabaco de grado B¹, y la mayor respuesta, se reportó para 254 kg N/ha con 1.07 ton hoja/ha.

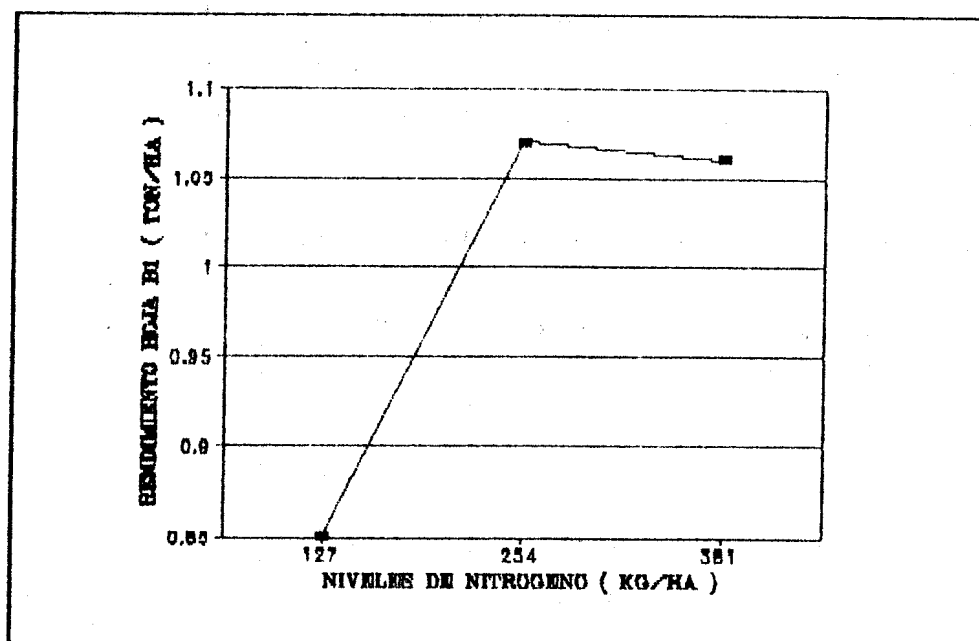


Figura 3. Respuesta del tabaco ante aplicaciones de nitrógeno para el rendimiento de hoja de tabaco B₁

El Cuadro 13 presenta la comparación de medias de Dunnet para el efecto del potasio sobre el rendimiento de hoja del grado B₁; donde los mayores rendimientos correspondieron a 305 y 244 kg K₂O/ha con 1.10 y 1.05 ton/ha respectivamente; y el tratamiento control (183 kg K₂O/ha), con 1.04 ton/ha.

Cuadro 13. Comparación de medias de Dunnet para el rendimiento de hoja B₁, respecto a la aplicación de potasio al suelo.

Tratamientos kg K ₂ O/ha	Promedios ton hoja/ha	Presentación ¹
305	1.10	A
244	1.05	A
183	1.04	A
122	0.94	B
61	0.86	B

Comparador Dunnet 0.05: 0.12 ton hoja/ha

*/ Tratamientos con la misma literal se consideran iguales.

La figura 4, muestra el comportamiento del rendimiento de primera gruesa, ante aplicaciones de potasio, donde, 183, 244 y 305 kg K₂O/ha, reportaron mayores rendimientos con 1.04, 1.05 y 1.09 ton de hoja/ha respectivamente.

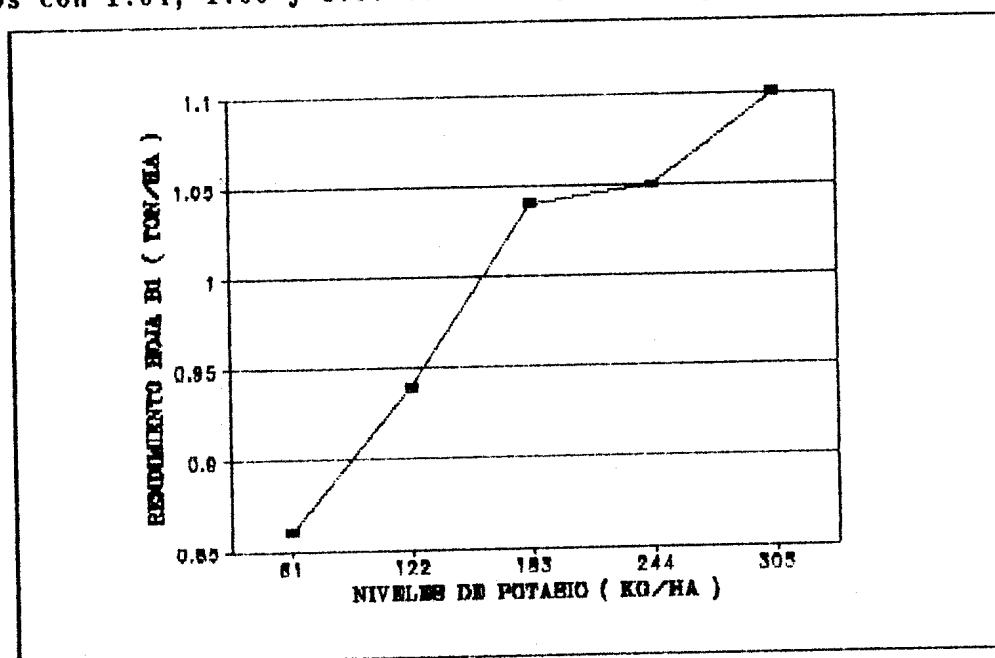


Figura 4. Respuesta del tabaco, ante aplicaciones de potasio, sobre el rendimiento de hoja grado B₁.

Los datos anteriores concuerdan con lo que reportó Hårdter, R; Müttert, E; Liang, D. (15), donde aplicaciones de potasio mejoraron el rendimiento total y las calidades de hoja de tabaco en las provincias de Henan, Hebei, Jiangsu y Shandong en China, donde al aplicar 45 kg N/ha, 90 kg P_2O_5 /ha y 200 kg K_2O /ha, se obtuvo un 26% de hojas de alta calidad, 56% de hojas de mediana calidad, 12% de hojas de baja calidad y 4% de hojas de última calidad; al compararse con la fertilización con 45 kg N/ha, 90 kg P_2O_5 /ha y 0 kg K_2O /ha se obtuvo 5% de hojas de mediana calidad, 22% de hoja de baja calidad y 73% de hoja de última calidad.

7.1.3. Rendimiento de C_1 , C_2 , B_2 , X_1 y DN:

El Cuadro 14, muestra el análisis de varianza para los rendimientos de hoja C_1 , C_2 , B_2 , X_1 y DN, donde las aplicaciones de nitrógeno, potasio e interacción nitrógeno y potasio, no reportaron efectos sobre el rendimiento.

Cuadro 14. Análisis de varianza para el rendimiento de los grados C_1 , C_2 , B_2 , X_1 y DN.

Fuente de variación	Grados de libertad	Fc					Ft	
		C_1	C_2	B_2	X_1	DN	0.05	0.01
Bloque	2							
Nitrógeno	2	0.26 ^{NS}	1.7 ^{NS}	0.54 ^{NS}	3.16 ^{NS}	0.66 ^{NS}	3.34	5.45
Potasio	4	1.10 ^{NS}	0.5 ^{NS}	0.91 ^{NS}	1.58 ^{NS}	0.92 ^{NS}	2.71	4.07
Nit X Pot	8	1.34 ^{NS}	0.9 ^{NS}	0.38 ^{NS}	1.89 ^{NS}	1.08 ^{NS}	2.29	3.23
Error	28							
Total	44							

C.V.(%): C1: 32.10
 C2: 18.34
 B2: 117.34
 X1: 57.71
 DN: 98.21

N.S. No existe significancia entre tratamientos

1/ Afectado por la transformación $X+1$

7.2. Contenido de nicotina:

La variable se cuantificó para los grados B_1 y C_1 ya que se venden a mejores precios y cigarrillos elaborados con tabacos con alto contenido de nicotina, resultan muy fuertes y sofocantes al fumar.

7.2.1. Contenido de nicotina grado B_1 :

El análisis de varianza que se presenta en el Cuadro 15, indica que, los niveles de nitrógeno reportaron alta significancia sobre el contenido de nicotina; los niveles de potasio e interacción de nitrógeno y potasio, no reportaron efectos significativos sobre la variable.

Cuadro 15. Análisis de varianza para contenido de nicotina en hojas B_1 , de tabaco tipo burley, respecto a las fertilización con nitrógeno y potasio.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc	Significancia
Bloques	2	0.336		
Nitrógeno	2	8.333	63.12 **	0.00001
Potasio	4	0.166	1.261 N.S.	0.3084
Nit X Pot	8	0.121	0.918 N.S.	0.5172
Error	28	0.132		
Total	44			

Coefficiente de variación: 7.73%

N.S No existe significancia entre tratamientos

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos.

El Cuadro 16, muestra la comparación de medias de Tukey para el efecto del nitrógeno sobre hojas de tabaco B_1 , donde, los tratamientos 381 y 254 kg N/ha, reportaron valores de 5.19% y 5.07% respectivamente, por lo que, aplicaciones crecientes de nitrógeno incrementaron el contenido de nicotina.

Cuadro 16. Comparación de medias de Tukey para el efecto de niveles de nitrógeno sobre el contenido de nicotina en hojas grado B_1 de tabaco tipo burley.

Tratamientos	Cont. de nicotina (%)	Presentación *
381 kg N/ha	5.19	A
254 kg N/ha	5.07	A
127 kg N/ha	3.84	B

Comparador Tukey 0.05: 0.33%

*/ tratamientos con la misma literal se consideran iguales.

La figura 5, muestra que, el contenido de nicotina se incrementó al aumentar los niveles de nitrógeno. La mayor respuesta se reportó para 381 y 254 kg N/ha con 5.19% y 5.07% respectivamente.

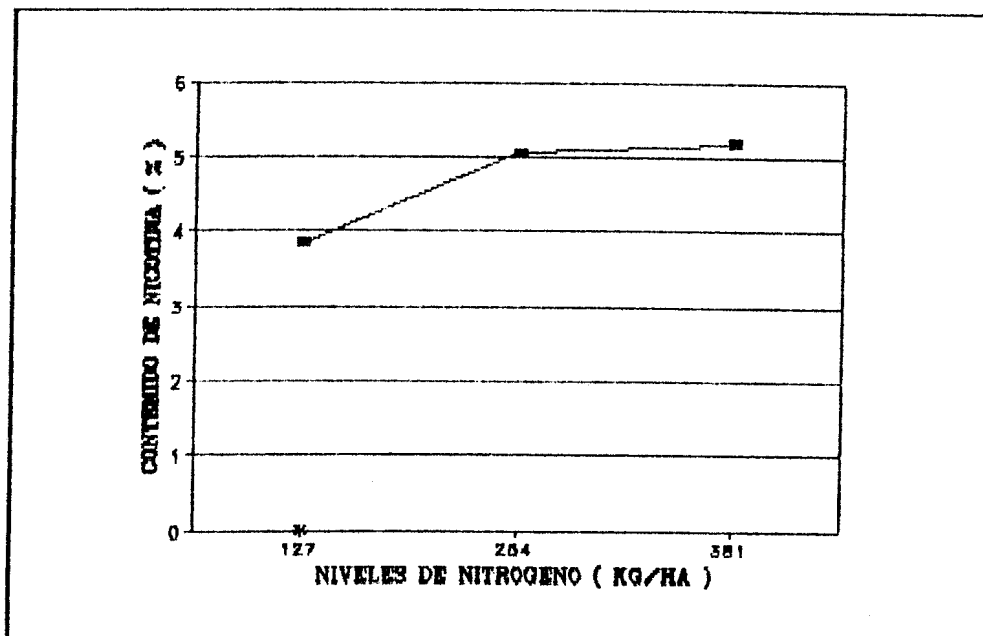


Figura 5. Contenido de nicotina en hojas R_1 , respecto al efecto del nitrógeno.

7.2.2. Contenido de nicotina grado C_1 :

El análisis de varianza para el contenido de nicotina en grados C_1 , se muestra en el cuadro 17, e indica que, el nitrógeno reportó efectos altamente significativas sobre la variable; El potasio e interacción nitrógeno y potasio, no reportaron efectos sobre el contenido de nicotina.

Cuadro 17. Análisis de varianza para contenido de nicotina en grados C_1 .

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fc	Significancia
Bloques	2			
Nitrógeno	2	5.325	12.89 **	0.00002
Potasio	4	0.267	0.647 N.S.	0.63620
Nit X Pot	8	0.317	0.767 N.S.	0.63530
Error	28	0.413		
Total	44			

Coefficiente de variación: 15.59%

N.S. No existe significancia entre tratamientos

**/ Alta significancia entre tratamientos.

El cuadro 18, indica que los niveles de nitrógeno que reportaron mayor contenidos de nicotina en hojas C_1 fueron: 381 y 254 kg N/ha, con 4.51% y 4.43% respectivamente.

Cuadro 18. Comparación de medias de Tukey para el efecto de niveles de nitrógeno sobre el contenido de nicotina en hojas grado C_1 , de tabaco tipo burley.

Tratamientos	Cont. de nicotina (%)	Presentación ¹
381 kg N/ha	4.51	A
254 kg N/ha	4.43	A
127 kg N/ha	3.44	B

Comparador Tukey 0.05: 0.58 %

* / Tratamientos con la misma literal se consideran iguales.

La figura 6, muestra que el contenido de nicotina en hojas grado C_1 , se incrementó al aumentar las dosis de nitrógeno que se aplicaron al suelo, y los mayores valores, correspondieron a 254 y 381 kg N/ha con 4.51% y 4.43%.

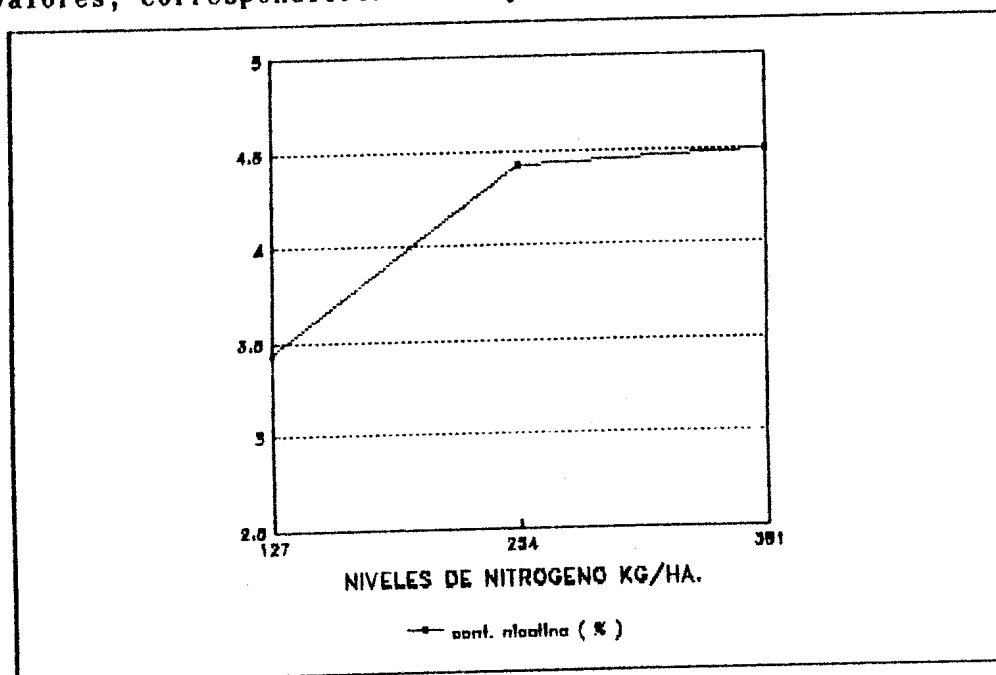


Figura 6. Efecto de niveles de nitrógeno sobre el contenido de nicotina en hojas de grado C_1 , de tabaco tipo burley.

Pappa Escudero (21), reportó que fuentes y épocas de aplicación mostraron efectos significativos sobre el contenido de nicotina y la tendencia que se manifestó fué que al incrementar la fertilización con nitrógeno se incrementó el contenido de nicotina en hojas de tabaco tipo burley.

El comportamiento en forma general del contenido de nicotina en hojas grado B1 y C₁ fué, incremento de la nicotina al incrementarse el nitrógeno.

7.2.3. Características generales del fumado:

El fumado de grados puros de tabaco es de importancia ya que determina los atributos inherentes a la calidad del tabaco; resultaría improductivo implementar programas de fertilización que reporten altos rendimientos, si el producto que se obtiene, resulta desagradable al fumarse.

Las características más importantes de la catación del tabaco es: impacto, sabor deseable, irritación y atributos negativos.

El cuadro 19, indica que las combinaciones de nitrógeno y potasio que mostraron los mejores atributos al fumarse fueron: 254 kg N/ha con 381 kg K₂O/ha; 254 kg N/ha con 183 kg K₂O/ha; 381kg N/ha con 122 kg K₂O/ha, reportaron valores de 90, 83 y 88 puntos respectivamente.

Cuadro 19. Características cualitativas del fumado del tabaco tipo burley, grado C₁.

GRADO C ₁ N-K ₂ O/ha	IMPACTO		SABOR DESEABLE		IRRITACION		OFF-NOTE	CARACTER GENERAL DEL FUMADO		INDICE DE CALIDAD
254-183	N ⁻	N ⁺	N	N ⁺	N ⁻	N	No	N	N	83
254-305	N ⁺	N ⁺	N ⁻	N ⁺	N ⁺	N ⁺	Amargo Sabor residual	N	N	90
381-122	N	N	N ⁺	N ⁺	N	N ⁻	Picante	N ⁺	N	88
381-183	L	L	L	L	L	L	Neutro	L	N	36
381-305	L	N ⁻	L	N	L	N ⁻	Neutro	L	N	50

Fuente: Juan Bautista Morales, TANSA; Francisco Cruz, YACASA.

7.3. Acumulación de nutrientes:

La variable se cuantificó a partir de la acumulación de N, P_2O_5 , K_2O , CaO y MgO en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante. La acumulación en raíces, tallos, inflorescencias y cápsulas, no se tomó en cuenta en la investigación.

7.3.1. Acumulación de nitrógeno:

El análisis de varianza para la acumulación de nitrógeno se presenta en el cuadro 20, donde la aplicación de nitrógeno al suelo reportó incremento en la acumulación de N en hojas de tabaco; ya que se observó que los niveles de nitrógeno reportaron diferencias significativas y altamente significativas a los 60 y 90 días después del trasplante; La interacción nitrógeno potasio, reportó diferencias altamente significativas a los 90 días del trasplante. El potasio estadísticamente no reportó diferencias significativas en la acumulación de nitrógeno, por lo que su función en la acumulación de este elemento es limitada.

Cuadro 20. Análisis de varianza para la acumulación de nitrógeno a los 30, 60 y 90 días después del trasplante.

Fuente de variación	Grados de libertad	Fc			Ft	
		30 ddt	60 ddt	90 ddt	0.05	0.01
Repet	2					
Nitrógeno	2	1.87 NS	0.04 *	9.63 **	3.34	5.45
Potasio	4	0.21 NS	0.61 NS	2.37 NS	2.71	4.07
Nit X Pot	8	1.40 NS	0.98 NS	6.73 **	2.29	3.23
Error	28					
Total	44					

C.V. a 30 ddt: 26.21%

C.V. a 60 ddt: 14.92%

C.V. a 90 ddt: 10.76%

*: Diferencias significativas entre tratamientos.

** : Diferencias altamente significativas entre tratamientos.

N.S. No existe significancia entre tratamientos.

ddt: Días después del trasplante.

El cuadro 21 muestra que la fertilización con nitrógeno favoreció la acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco a los 60 y 90 días del trasplante. Las mayores acumulaciones, se reportaron a los 60 y 90 días del trasplante; a los 60 días los valores variaron de 4.47 a 4.89 g/planta y, a los 90 días del trasplante los mayores valores se reportaron de 8.0 a 8.49 g/planta. En ambos períodos los tratamientos con mayores valores fueron los 381 y 254 kg N/ha.

Cuadro 21. Comparación de medias de Tukey para la acumulación de nitrógeno en la parte foliar de la planta de tabaco a los 60 y 90 días después del trasplante, respecto a la aplicación de nitrógeno al suelo.

Tratamientos kg N/ha	60 días del trasplante		90 días del trasplante	
	Promedios (g/planta)	Presentación ¹	Promedios (g/planta)	Presentación ¹
381	4.89	A	8.49	A
254	4.47	A	8.00	A
127	4,23	B	7.15	B

Comparador Tukey para 60 ddt: 0.61 g/planta

Comparador Tukey para 90 ddt: 0.77 g/planta

*: Tratamientos con la misma literal se consideran estadísticamente iguales.

El cuadro 22, muestra que la interacción entre nitrógeno y potasio aplicado al suelo potencializa la acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco a los 90 días del trasplante. Los mayores valores de nitrógeno acumulado en hojas de tabaco para este período se reportaron de 7.88 a 10.37 g/planta.

Al relacionar el rendimiento total de hoja con la acumulación de nitrógeno, se reporta que rendimientos entre 3.40 a 3.41 ton hoja/ha, acumula a los 90 días después del trasplante, de 158 a 208 kg N/ha. (La acumulación expresada por hectárea se refiere a una densidad de 20,000 plantas/ha).

El efecto del potasio aplicado al suelo, sobre la acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco es limitado, aunque este elemento al interactuar con el nitrógeno, potencializa la acumulación del elemento en las hojas del tabaco.

Cuadro 22. Comparación de medias de Tukey para la variable acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco a los 90 días después del trasplante, respecto a la interacción nitrógeno-potasio.

Combinaciones N kg/ha - K ₂ O kg/ha	Promedios (g/planta)	Presentación *
381 - 305	10.37	A
254 - 183	9.04	A
127 - 244	8.78	A
127 - 183	8.51	A
381 - 61	8.43	A
381 - 244	8.40	A
254 - 122	8.32	A
254 - 305	8.02	A
381 - 122	7.88	A
254 - 244	7.48	B
381 - 183	7.36	B
254 - 61	7.16	B
127 - 61	6.41	B
127 - 122	6.33	B
127 - 305	5.70	B

Comparador Tukey al 0.05: 2.57 g/planta

***: Tratamientos con la misma literal se consideran estadísticamente iguales.**

La figura 7, muestra que la aplicación de nitrógeno al suelo, reportaron incrementos en la acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante, al incrementar la fertilización nitrogenada, y los mayores valores corresponden a 254 y 381 kg N/ha a los 60 y 90 días del trasplante.

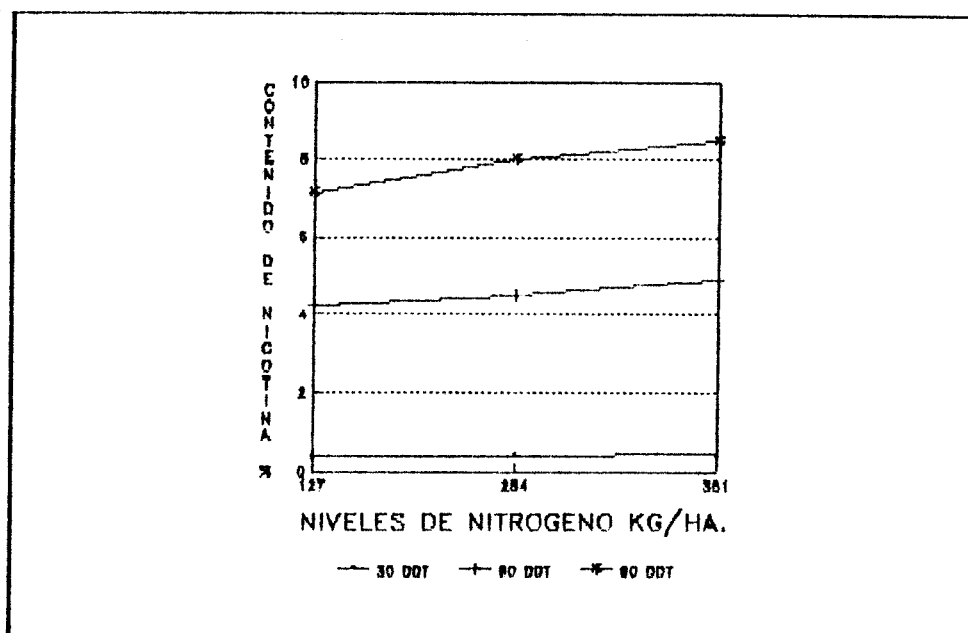


Figura 7. Acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante, respecto a la aplicación de nitrógeno al suelo.

La figura 8, indica que, las aplicaciones de potasio mostraron comportamientos diferentes en la acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco. La tendencia que se reportó a los 60 y 90 días del trasplante fué: incremento de la acumulación de nitrógeno al aumentar la aplicación de potasio.

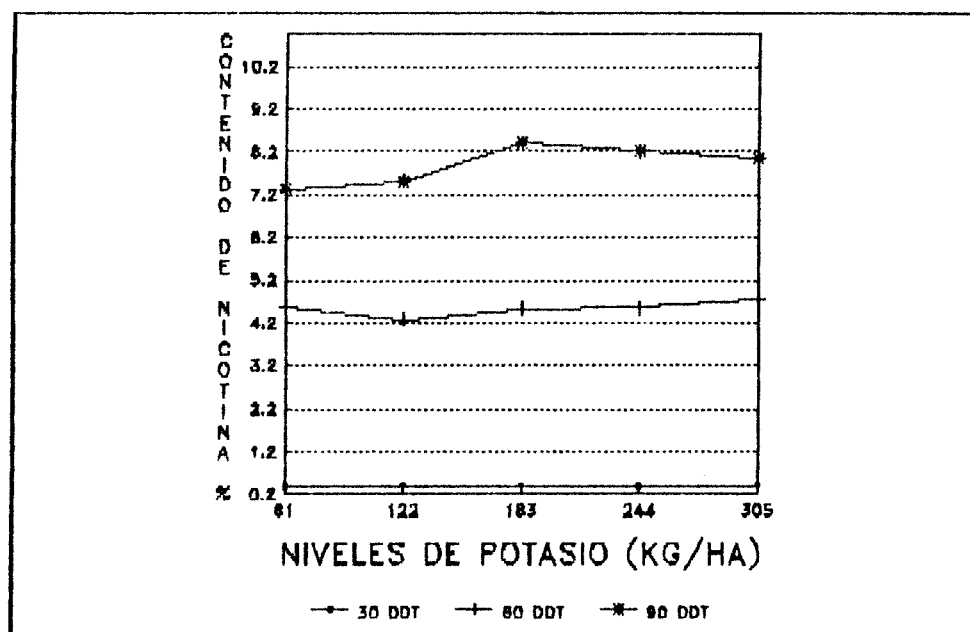


Figura 8. Acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante, respecto a la aplicación de potasio al suelo.

La figura 9, muestra que la acumulación relativa durante los primeros 30 días del ciclo se consideró bajo, con valores de 0.0135 g/día/planta; de los 30 a 60 días, durante la fase de crecimiento activo, se reportó la mayor tasa de asimilación con 0.1375 g/planta/día; de los 60 a 90 días, durante la fase de floración, la acumulación se mantuvo alta con 0.112 g/planta/día, a causa del desfloré, que activó la acumulación en los meristemos.

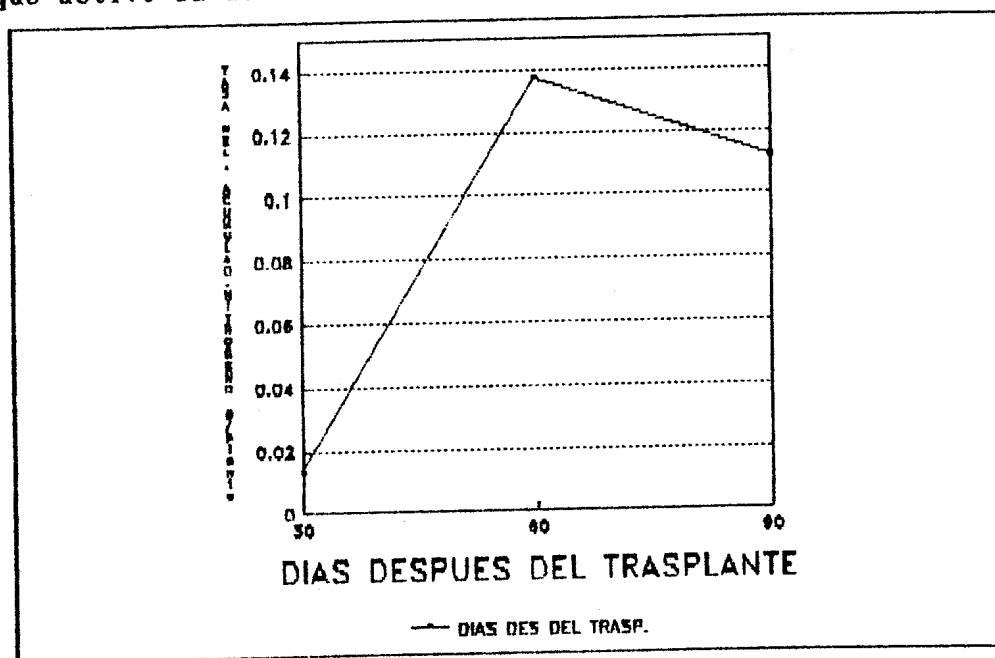


Figura 9. Tasa relativa de acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días después del trasplante.

El cuadro 23 muestra que las combinaciones de nitrógeno y potasio reportaron diferencias significativas y altamente significativas, en la acumulación de nitrógeno a los 60 y 90 días del trasplante respectivamente.

Cuadro 23. Análisis de varianza para la acumulación de N a los 30, 60 y 90 días del trasplante, respecto a las combinaciones de N y K₂O.

Fuente de variación	Gl	Fc			Fc	
		30 ddt	60 ddt	90 ddt	0.05	0.01
Repetición	2					
Trats	16	1.77 *	2.32 **	6.26 **	1.97	
Error	32					
Total	50					

C.V. 30 ddt: 26.68%; C.V. 60 ddt: 15.29%; C.V. 90 ddt: 11.93%

* Diferencias significativas entre tratamientos.

** Diferencias altamente significativas entre tratamientos.

El Cuadro 24, muestra la comparación de medias de Tukey para la acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco, donde a los 60 días del trasplante las mayores valores correspondieron a los tratamientos que incluyeron fertilizantes. La acumulación de nitrógeno a los 90 días del trasplante reportó que los mayores valores correspondieron a los tratamientos 381 kg N/ha al combinarse con 305, 61, 244 y 122 kg K₂O/ha; 254 kg N/ha al combinarse con 183, 122 y 305 kg K₂O/ha, 127 kg N/ha al combinarse con 244 y 183 kg K₂O/ha.

Cuadro 24. Comparación de medias de Tukey para la acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco a los 60 y 90 días del trasplante, respecto a fertilizaciones con nitrógeno y potasio al suelo.

60 días después del trasplante			90 días después del trasplante		
Combinaciones kg N - K ₂ O/ha	Acumulación N g/planta	Presentación *	Combinaciones Kg N-K ₂ O/ha	Acumulación N g/planta	Presentación *
381 - 305	5.61	A	381 - 305	10.37	A
381 - 244	5.0	A	254 - 183	9.01	A
254 - 61	4.79	A	127 - 244	8.78	A
381 - 183	4.71	A	127 - 183	8.51	A
381 - 244	4.69	A	381 - 61	8.43	A
254 - 183	4.62	A	381 - 244	8.40	A
127 - 122	4.53	A	254 - 122	8.32	A
254 - 305	4.38	A	254 - 305	8.02	A
381 - 122	4.37	A	381 - 122	7.88	A
254 - 244	4.32	A	254 - 0	7.77	A
127 - 305	4.29	A	254 - 244	7.48	B
127 - 183	4.22	A	381 - 183	7.36	B
127 - 61	4.13	A	254 - 61	7.16	B
127 - 244	3.95	A	127 - 61	6.41	B
254 - 0	3.91	A	127 - 122	6.33	B
254 - 122	3.89	A	127 - 305	5.70	B
0 - 0	2.82	B	0 - 0	4.90	B

Comparador Tukey para 60 ddt: 2.06 g/planta

Comparador Tukey para 90 ddt: 2.84 g/planta

*: Tratamientos con la misma literal se consideran estadísticamente iguales.

El tratamiento 0 kg N/ha - 0 kg K₂O/ha, reportó la acumulación más baja de nitrógeno a los 60 y 90 días del trasplante, lo cual indica que el tabaco para una adecuada acumulación de nutrientes requiere de fertilización adicional con nitrógeno.

7.3.2. Acumulación de fósforo:

El análisis de varianza para la acumulación de fósforo, se presenta en el cuadro 25, donde el nitrógeno favoreció la acumulación de fósforo a los 60 y 90 días del trasplante, acentuándose este efecto a los 90 días del trasplante. El potasio no afectó la acumulación. La interacción nitrógeno-potasio, reportó efectos altamente significativos sobre la acumulación a los 90 días del trasplante.

Cuadro 25. Análisis de varianza para la acumulación de fósforo en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Fc			Ft	
		30 ddt	60 ddt	90 ddt	0.05	0.01
Repeticiones	2					
Nitrógeno	2	1.58 ^{NS}	3.44 [*]	11.78 ^{**}	3.34	5.45
Potasio	4	0.65 ^{NS}	0.72 ^{NS}	1.70 ^{NS}	2.71	4.07
Nit X Pot	8	1.54 ^{NS}	0.70 ^{NS}	4.99 ^{**}	2.29	3.23
Error	28					
Total	44					

C.V. 30 ddt: 25.42%; C.V. 60 ddt: 19.80%; C.V. 90 ddt: 15.94%

*: Diferencias significativas entre tratamientos
 **: Diferencias altamente significativas entre tratamientos
 N.S. No existió significancia entre tratamientos
 ddt: Días después del trasplante.

El cuadro 26 muestra que aplicaciones de nitrógeno al suelo favoreció la acumulación de P₂O₅ en hojas de tabaco a los 60 y 90 días después del trasplante. Las mayores acumulaciones de P₂O₅ a los 60 días del trasplante variaron de 1.09 a 1.14 g/planta que correspondieron a los tratamientos 381 y 254 kg N/ha. A los 90 días del trasplante, la mayor acumulación de P₂O₅ fue 1.85 g/planta que correspondió al tratamiento 381 kg N/ha.

Cuadro 26. Comparación de medias de Tukey para la acumulación de fósforo a los 60 días del trasplante, respecto a la aplicación de nitrógeno.

Niveles de nitrógeno kg/ha	60 días después del trasplante	
	Promedios g/planta	Presentación *
381	1.14	A
254	1.09	A
127	0.95	B

Comparador Tukey para 60 días del trasplante: 0.189 g/planta
 *: Tratamientos con la misma literal se consideran iguales.

El cuadro 27, muestra que las interacciones entre N y K₂O incrementaron las acumulaciones de fósforo en hojas de tabaco a los 90 días del trasplante, los mayores valores de fósforo acumulado variaron de 1.64 a 2.42 g/planta.

Cuadro 27. Comparación de medias de Tukey para la acumulación de fósforo a los 90 días del trasplante, respecto a la interacción N-K₂O

Interacción kg N/ha - kg K ₂ O/ha	Promedios g/planta	Presentación *
381 - 305	2.42	A
127 - 183	1.83	A
381 - 122	1.80	A
127 - 244	1.79	A
381 - 244	1.71	A
381 - 183	1.66	A
381 - 61	1.64	A
254 - 122	1.64	A
254 - 305	1.59	B
254 - 183	1.45	B
254 - 244	1.44	B
254 - 61	1.42	B
127 - 61	1.21	B
127 - 122	1.17	B
127 - 305	1.09	B

Comparador Tukey para la interacción: 0.80 g/planta
 *: Tratamientos con la misma literal se consideran iguales.

Rendimientos de 3.40 a 3.41 ton hoja/ha, reportaron acumulaciones a los 90 días del trasplante de 29 a 36 kg P_2O_5 /ha.

La diferencia entre los valores de fósforo acumulado para los tratamientos con altos rendimientos y los tratamientos con mayores acumulaciones, se debió a las proporciones que establece la planta en relación a otros elementos.

Los tratamientos que reportaron los mayores valores de fósforo acumulado en hojas de tabaco para la interacción nitrógeno-potasio fueron: 381 kg N/ha al combinarse con 305, 122, 244, 183 y 61 kg K_2O /ha; 127 kg N/ha al combinarse con 183 kg K_2O /ha; y 254 kg N/ha al combinarse con 122 kg K_2O /ha.

La figura 10, muestra que la aplicación de nitrógeno al suelo, reportó incrementos en la acumulación de fósforo en hojas de tabaco; donde la mayor acumulación se reportó a los 60 y 90 días después del trasplante, al aplicar 254 y 381 kg N/ha.

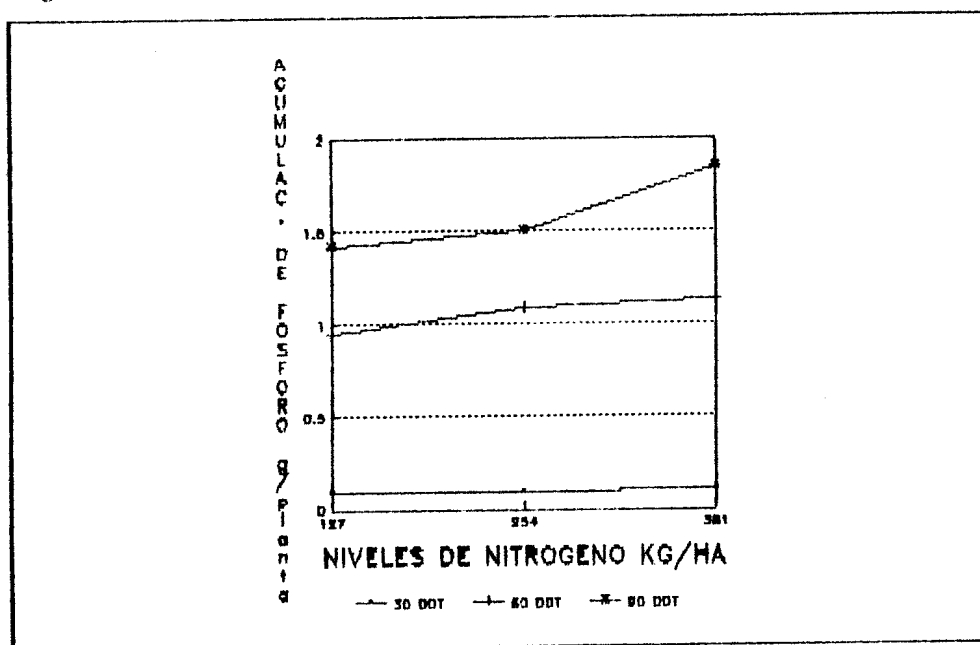


Figura 10. Acumulación de fósforo en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante, respecto a la aplicación de nitrógeno al suelo.

La figura 11, muestra que la acumulación de fósforo a los 30 días del trasplante, se mantuvo constante ante incrementos en los niveles de potasio; la acumulación de fósforo a los 60 días del trasplante reportó los mayores valores entre 183 y 244 kg K_2O /ha; a los 90 días del trasplante, la acumulación de fósforo mostró incrementos, al aumentar los niveles de potasio que se aplicaron al suelo.

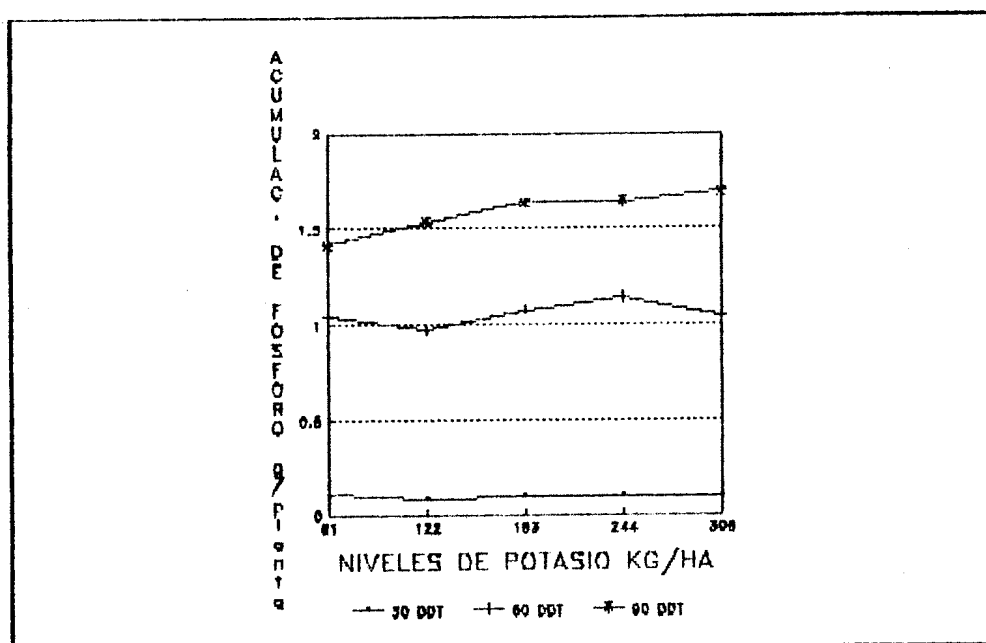


Figura 11. Acumulación de fósforo en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante, respecto a la aplicación de potasio.

La figura 12, indica que la mayor acumulación de fósforo en hojas de tabaco se reportó entre los 30 y 60 días del trasplante con valores de 0.032 g/día/planta; la acumulación entre los 60 a 90 días del trasplante, mostró valores de 0.018 g/día/planta.

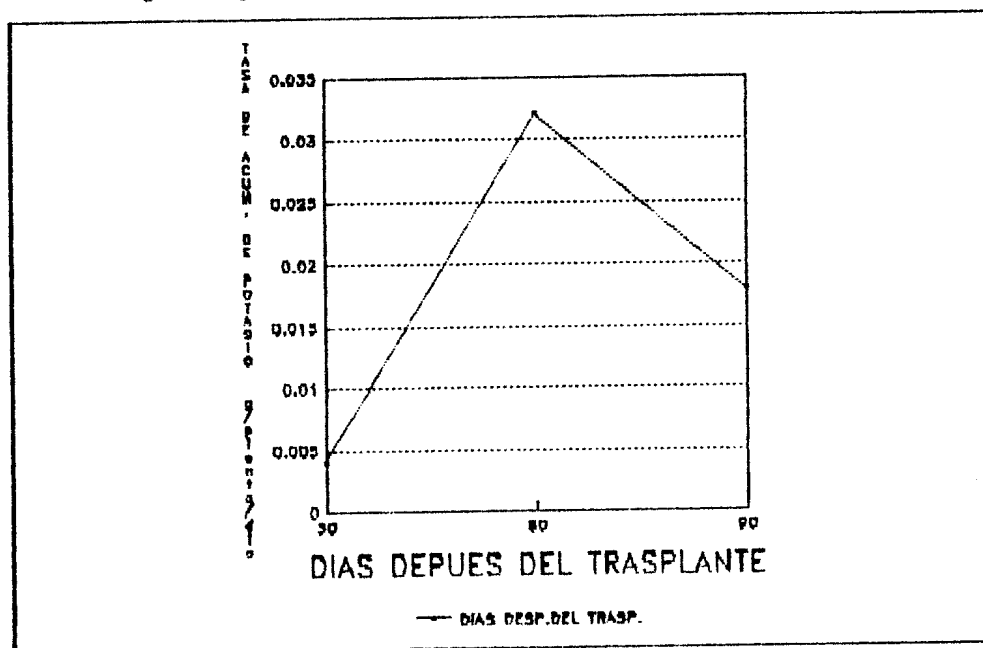


Figura 12. Tasa relativa de acumulación de fósforo en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días después del trasplante.

El cuadro 28, muestra el análisis de varianza para la variable acumulación de fósforo en diseño unifactorial, para las combinaciones de nitrógeno y potasio; donde se reportó diferencias significativas y altamente significativas en los tratamientos, a los 30 y 90 días después del trasplante.

Cuadro 28. Análisis de varianza para la acumulación de fósforo en un diseño experimental unifactorial a los 30, 60 y 90 días después del trasplante respectivamente.

Fuente de variación	Grados de libertad	Fe			Ft	
		30 ddt	60 ddt	90 ddt	0.05	0.01
Bloques	2					
Tratam.	16	0.31 *	1.56 N.S.	5.22 **	1.97	
Error	32					
Total	50					

Coefficiente de variación a los 30 ddt: 25.53%

Coefficiente de variación a los 60 ddt: 20.36%

Coefficiente de variación a los 90 ddt: 16.67%

*: Diferencias significativas entre tratamientos

**: Diferencias altamente significativas entre tratamientos

N.S. No existe significancia entre tratamientos

ddt: Tratamientos con la misma literal se consideran estadísticamente iguales

El Cuadro 29, indica que a los 30 días del trasplante los tratamientos que incluyeron fertilizantes, reportaron la misma acumulación, excepto el control absoluto (sin fertilizantes). A los 90 días después del trasplante, los tratamientos que reportaron mayor acumulación fueron: 381 kg N/ha al combinarse con 305, 122 244, 183 y 61 kg K₂O/ha; 127 kg N/ha al combinarse con 183 y 244 kg K₂O/ha; y 254 kg N/ha con 122 kg K₂O/ha.

Los valores que mostraron los tratamientos 0 kg de N/ha-0 kg K₂O/ha durante los periodos donde existió significancia, indicaron que la acumulación de fósforo en hojas de tabaco se mejoró con aplicaciones al suelo de nitrógeno y potasio.

Cuadro 29. Comparación de medias de Tukey para la acumulación de fósforo a los 30 y 90 días del trasplante, en un diseño unifactorial en bloques al azar.

Tratamientos kg N/ha-kg K ₂ O/ha	30 días del trasplante		Tratamientos kg N/ha-kg K ₂ O/ha	90 días del trasplante	
	Promedios g/planta	Presentación *		Promedios g/planta	Presentación *
381 - 305	0.15	A	381 - 305	2.42	A
381 - 122	0.12	A	127 - 183	1.83	A
381 - 244	0.12	A	381 - 122	1.80	A
254 - 122	0.11	A	127 - 244	1.80	A
127 - 183	0.11	A	381 - 244	1.71	A
381 - 61	0.11	A	381 - 183	1.66	A
254 - 183	0.11	A	254 - 122	1.64	A
381 - 183	0.10	A	381 - 61	1.64	A
127 - 244	0.10	A	254 - 305	1.59	B
254 - 0	0.099	A	254 - 0	1.47	B
254 - 305	0.097	A	254 - 183	1.45	B
254 - 61	0.096	A	254 - 244	1.45	B
254 - 244	0.092	A	254 - 61	1.42	B
127 - 122	0.091	A	127 - 61	1.21	B
127 - 61	0.091	A	127 - 305	1.09	B
127 - 305	0.089	A	127 - 122	1.00	C
0 - 0	0.041	B	0 - 0	0.98	C

Comparador Tukey a los 30 ddt: 0.0783 g/planta

Comparador Tukey a los 90 ddt: 0.7912 g/planta

*: Tratamientos con la misma literal se consideran estadísticamente iguales.

7.3.3 Acumulación de potasio:

El potasio es importante en el tabaco ya que determina efectos sobre el rendimiento de hoja, calidad y procesos metabólicos en la planta.

El Cuadro 30, muestra que la fertilización con nitrógeno reportó efectos altamente significativos sobre la acumulación de potasio en hojas de tabaco a los 90 días del trasplante. La fertilización con potasio reportó efectos significativos en la acumulación de potasio a los 90 días del trasplante. La interacción entre el nitrógeno y el potasio favoreció positivamente la acumulación del nutriente en las hojas de la planta.

Cuadro 30. Análisis de varianza para la acumulación de potasio en la parte foliar de la planta a los 30, 60 y 90 días después del trasplante, respecto a la fertilización con nitrógeno y potasio.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Fc			Ft	
		30 ddt	60 ddt	90 ddt	0.05	0.01
Bloques	2					
Nitrógeno	2	1.22 N.S.	1.60 N.S.	18.62 **	3.34	5.45
Potasio	4	0.51 N.S.	1.04 N.S.	2.73 *	2.71	4.07
Nit X Pot	8	1.18 N.S.	10.30 N.S.	4.76 **	2.29	3.34
Error	28					
Total	44					

C.V. 30 ddt: 27.23%; C.V. 60 ddt: 20.51%; C.V. 90 ddt: 15.57%

*: Diferencias significativas entre tratamientos
 **: Diferencias altamente significativas entre tratamientos
 N.S. No existe significancia entre tratamientos.
 ddt: días después del trasplante.

Los resultados anteriores concuerdan con lo que reportó Bidwell (5), donde se indica que fertilizaciones con nitrógeno mejora la asimilación del potasio en la planta. El potasio por el contrario, no afecta la asimilación del nitrógeno.

El cuadro 31 muestra que las mayores acumulaciones de potasio a los 90 días del trasplante respecto a la interacción nitrógeno y potasio, reportaron valores de 18.41 a 26.18 g/planta. Los resultados indicaron que la interacción entre nitrógeno y potasio mejoraron la acumulación de potasio en hojas de tabaco, en relación a los valores que mostraron los tratamientos en forma individual.

Las combinaciones que reportaron las mayores acumulaciones fueron 381 kg N/ha-305 kg K₂O/ha, 254 kg N/ha-122 kg K₂O/ha y 381 kg N/ha-122 kg K₂O/ha.

Cuadro 31. Comparación de medias de Tukey para la acumulación de potasio en hojas de tabaco, a los 90 días del trasplante respecto a la interacción nitrógeno-potasio .

Interacción kg N - K ₂ O/ha	Promedios g/planta	Presentación ¹
381 - 305	26.18	A
254 - 122	19.26	A
381 - 122	18.49	A
381 - 183	18.20	B
381 - 244	18.02	B
127 - 183	17.33	B
127 - 244	16.86	B
254 - 183	16.83	B
381 - 61	16.67	B
254 - 305	16.25	B
254 - 61	14.82	B
254 - 305	14.49	B
127 - 305	11.61	B
127 - 122	11.60	B
127 - 61	11.35	B

Comparador Tukey 0.05: 7.85 g/planta

***: Tratamientos con la misma literal se consideran estadísticamente iguales.**

El nitrógeno aplicado al suelo mejoró la acumulación de potasio en hojas de tabaco a los 90 días del trasplante. EL mayor valor de potasio acumulado fué: 19.51 g/planta que correspondió al tratamiento 381 kg N/ha.

El potasio aplicado al suelo mejoró la acumulación de potasio en hojas de tabaco a los 90 días del trasplante. Los mayores valores de potasio acumulado fueron 16.45, 17.45 y 18.02 g/planta, que correspondieron a los tratamientos 244, 183 y 305 kg K₂O/ha respectivamente.

Rendimientos de 3.40 a 3.41 ton hoja/ha, a los 90 días después del trasplante, acumularon en hojas de tabaco cantidades de 337 a 370 kg K₂O/ha respectivamente.

La diferencia entre los valores de potasio acumulado por los tratamientos de alto rendimiento, y los tratamientos con mayor acumulación, indicaron que la planta de tabaco mostró consumo de lujo para el potasio, ante niveles altos de fertilización con nitrógeno y potasio.

La figura 13, muestra el efecto en forma individual de los niveles de nitrógeno aplicados al suelo, donde aplicaciones crecientes de nitrógeno incrementaron la acumulación de potasio en hojas de tabaco tipo burley. La mayor respuesta correspondió a los tratamientos 254 y 381 kg N/ha a los 60 y 90 días del trasplante.

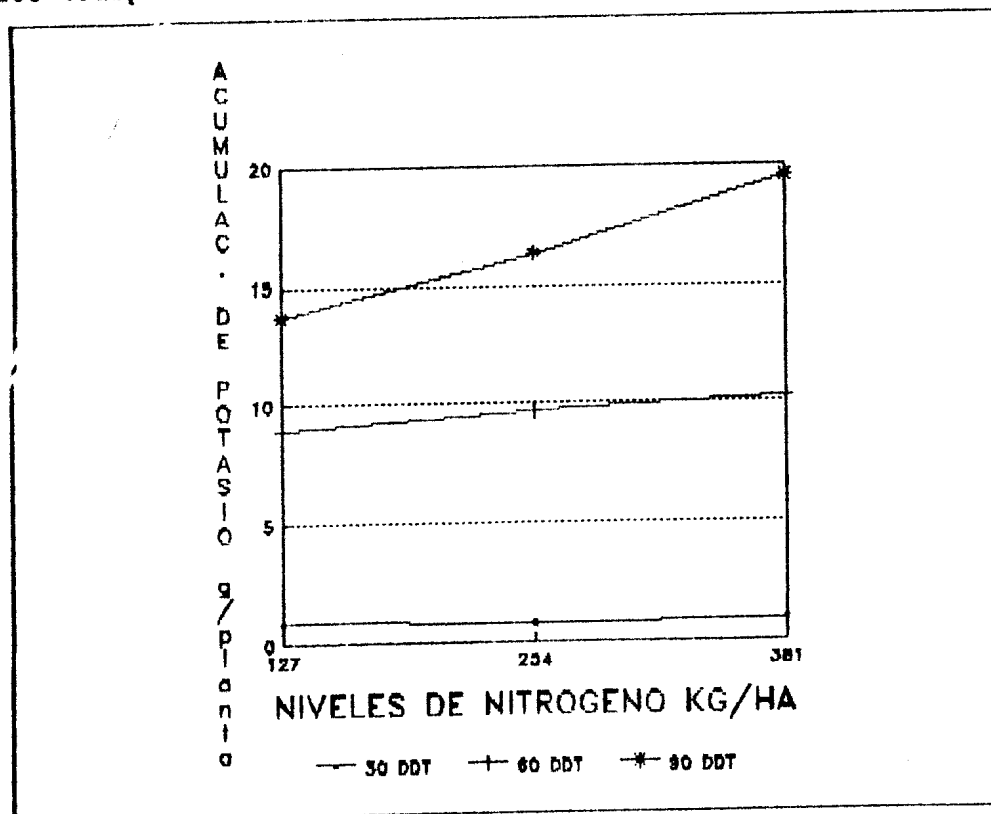


Figura 13. Acumulación de potasio en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días después del trasplante, respecto a la fertilización con nitrógeno.

La figura 14, muestra que la acumulación de potasio se incrementó al aumentar las dosis de potasio al suelo y, los mayores valores correspondieron a 183 y 305 kg K_2O /ha. Los mayores acumulaciones se reportaron a los 60 y 90 días después del trasplante.

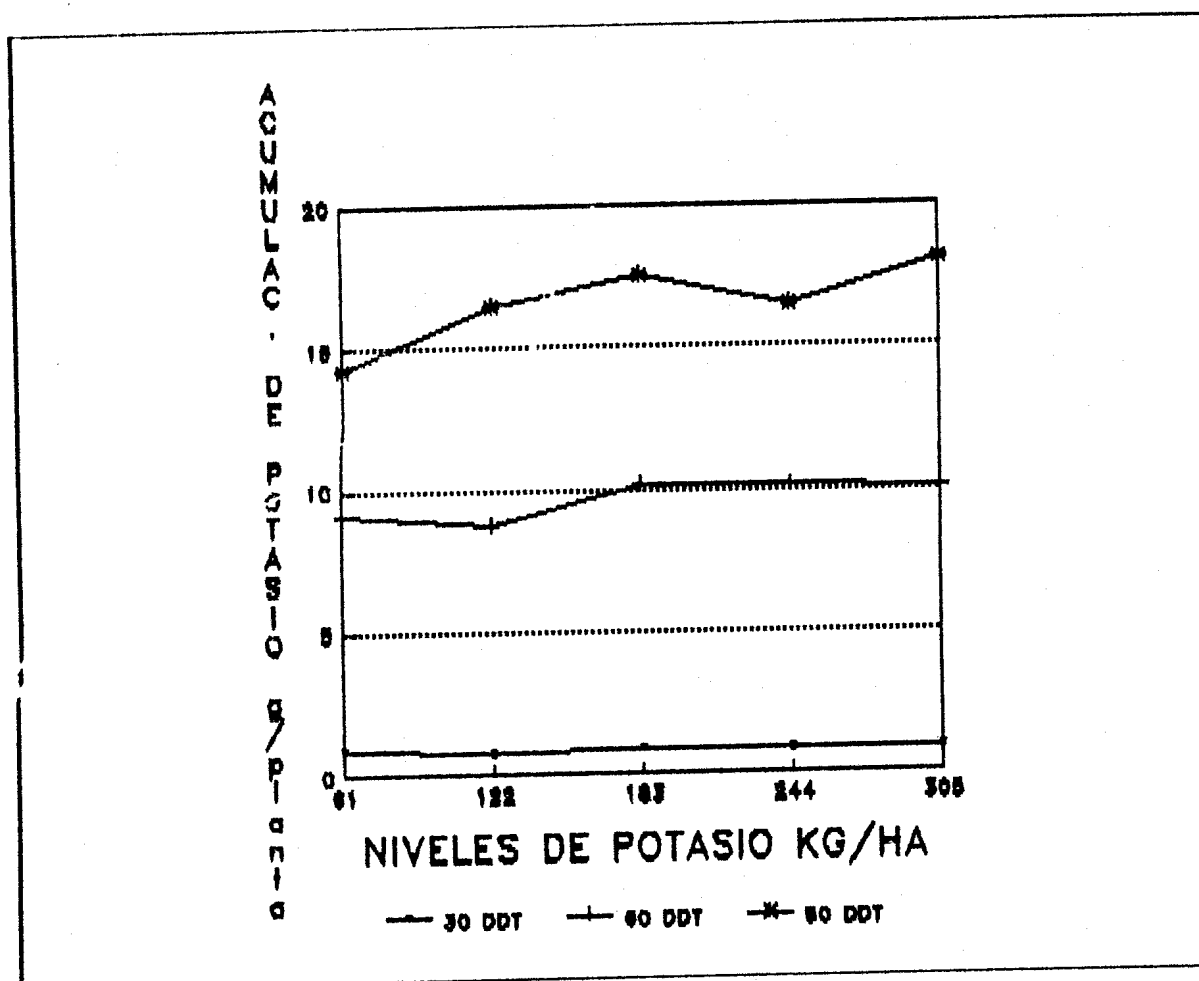


Figura 14. Acumulación de potasio en hojas de tabaco tipo burley a los 30, 60 y 90 días del trasplante, respecto a la fertilización con potasio.

La figura 15, indica que la tasa relativa de acumulación de potasio, durante los primeros 30 días del trasplante, reportó valores de 0.029 g/día/planta la cuál se consideró baja; la etapa de crecimiento vegetativo activo entre los 30 a 60 días, reportó los mayores valores con 0.292 g/día/planta.

La etapa de floración, mantuvo valores altos de acumulación, con valores de 0.23 g/día/planta, a causa del efecto de la capa o desflore, que suprimió el periodo de floración; la cuál activó la acumulación y el crecimiento de las yemas axilares de la planta de tabaco.

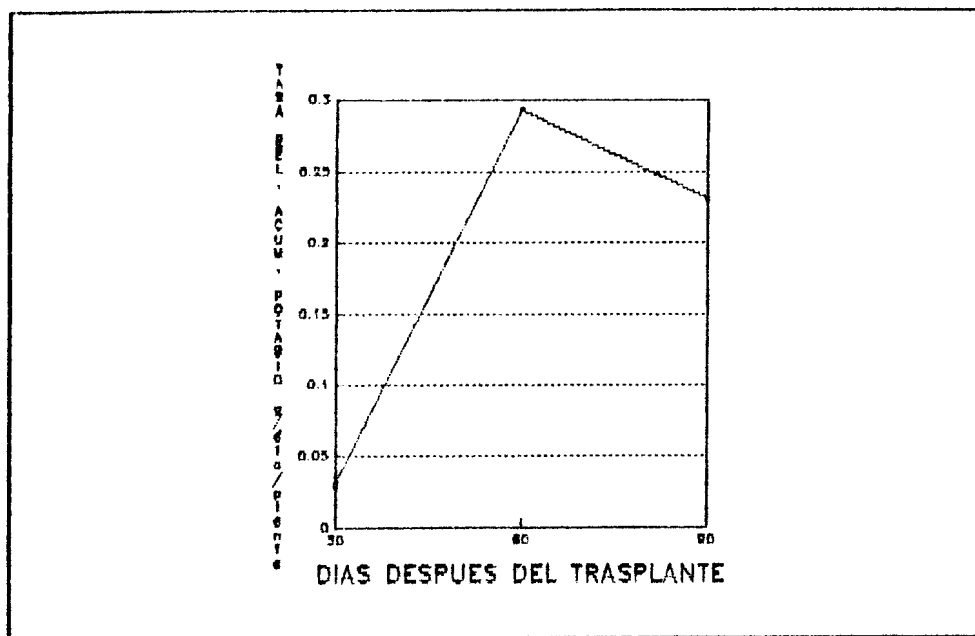


Figura 15. Tasa de acumulación de potasio en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días después del trasplante.

El cuadro 32, muestra que la acumulación de potasio en hojas de tabaco, analizadas en un diseño unifactorial, reportaron diferencias significativas y altamente significativas a los 30 y 90 días después del trasplante respectivamente. La acumulación del nutriente a medida que la planta creció, se incrementó, y las diferencias entre tratamientos se acentuaron.

Cuadro 32. Análisis de varianza para la acumulación de potasio en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días después del trasplante.

Fuente de variación	Grados de libertad	Fc			Ft	
		30 ddt	60 ddt	90 ddt	0.05	0.01
Bloques	2					
Tratam.	16	1.94 *	1.23 N.S.	7.23 **	1.97	
Error	32					
Total	50					

Coefficiente de variación a los 30 ddt: 27.53%

Coefficiente de variación a los 60 ddt: 21.82%

Coefficiente de variación a los 90 ddt: 16.06%

*: Diferencias significativas entre tratamientos

**: Diferencias altamente significativas entre tratamientos

N.S. No existió diferencias significativas entre tratamientos

ddt: Días después del trasplante.

La comparación de medias de Tukey para la variable acumulación de potasio en hojas de tabaco, se muestra en el cuadro 33, donde a los 30 días del trasplante los mayores valores correspondieron a los tratamientos que incluyeron fertilizantes. A los 90 días del trasplante los tratamientos con mayores valores fueron 381 kg N/ha al combinarse con 305, 183 y 122 kg K₂O/ha respectivamente; 254 kg N/ha al combinarse con 122 kg K₂O/ha.

Cuadro 33. Comparación de medias Tukey para la acumulación de potasio en hojas de tabaco a los 30 y 90 días después del trasplante.

30 días después del trasplante			90 días después del trasplante		
Tratamientos N - K ₂ O/ha	Promedios g/planta	Presentación *	Tratamientos N - K ₂ O/ha	Promedios g/planta	Presentación *
127 - 305	1.10	A	381 - 305	26.18	A
127 - 183	1.09	A	254 - 122	19.26	A
381 - 61	1.09	A	381 - 183	18.64	A
381 - 244	1.00	A	381 - 122	18.49	A
254 - 244	0.96	A	381 - 244	18.02	B
381 - 183	0.93	A	127 - 183	17.33	B
254 - 61	0.93	A	127 - 244	16.86	B
381 - 305	0.88	A	254 - 183	16.83	B
381 - 122	0.86	A	381 - 61	16.67	B
127 - 122	0.83	A	254 - 305	16.25	B
254 - 305	0.78	A	254 - 61	14.82	B
254 - 183	0.77	A	254 - 244	14.49	B
254 - 0	0.73	A	254 - 0	13.62	B
127 - 244	0.72	A	127 - 305	11.61	B
127 - 61	0.71	A	127 - 122	11.00	B
254 - 122	0.66	A	127 - 61	11.35	C
0 - 0	0.34	B	0 - 0	9.05	D

Comparador Tukey a los 30 ddt: 0.71 g/planta

Comparador Tukey a los 90 ddt: 7.85 g/planta

*: Tratamientos con la misma literal se consideran estadísticamente iguales.

Los bajos rendimientos de los tratamiento 0 kg N/ha - 0 kg K₂O/ha a los 30 y 90 días del trasplante indicaron que, la planta de tabaco requiere cantidades considerables de nitrógeno y potasio, para satisfacer las necesidades fisiológicas y expresar altos rendimientos.

7.3.4. Acumulación de calcio:

El calcio es un elemento que la planta de tabaco absorbe en grandes cantidades, cuantitativamente menor que el potasio y nitrógeno.

El análisis de varianza para la variable acumulación de calcio se muestra en el Cuadro 34, e indica que los niveles de nitrógeno reportaron diferencias altamente significativas a los 60 y 90 días del trasplante. Los niveles de potasio reportaron diferencias significativas a los 60 y 90 días del trasplante, y la interacción de los niveles de nitrógeno y potasio reportaron diferencias altamente significativas para la variable a los 60 y 90 días del trasplante.

Los datos que se presentan, indican que el nitrógeno, potasio y la interacción, afectaron la acumulación del calcio en la planta, a causa del efecto de las proporciones de los cationes del suelo, en la nutrición de la planta.

Cuadro 34. Análisis de varianza para la acumulación de calcio en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días del trasplante, respecto a la fertilización con nitrógeno y potasio aplicado al suelo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Fc			Ft	
		30 ddt	60 ddt	90 ddt	0.05	0.01
Bloques	2					
Nitrógeno	2	2.55 ^{n.s.}	7.98 *	6.83 **	3.34	5.45
Potasio	4	0.83 ^{n.s.}	2.90 *	2.73 *	2.71	4.07
Nit X Pot	8	1.33 ^{n.s.}	5.59 **	4.68 **	2.29	3.23
Error	28					
Total	44					

C.V. 30 ddt: 26.64%; C.V. ddt: 11.59%; C.V. 90 ddt: 13.28%

- *: Diferencias significativas entre tratamientos
 **: Diferencias altamente significativas entre tratamientos
 N.S. No existió diferencias entre tratamientos
 ddt: Días después del trasplante.

El cuadro 35 muestra que la interacción nitrógeno-potasio, afectó la acumulación de calcio en hojas de tabaco a los 60 y 90 días del trasplante. A los 60 días del trasplante las mayores acumulaciones de calcio en hojas de tabaco para la interacción nitrógeno-potasio variaron de 7.91 a 10.50 g/planta. A los 90 días del trasplante los mayores valores de calcio acumulado se reportaron de 7.99 a 11.50 g/planta.

Cuadro 35.

Comparación de medias de Tukey para la acumulación de calcio en hojas de tabaco a los 60 y 90 días del trasplante.

60 días después del trasplante			90 días después del trasplante		
Tratamientos N - kg K ₂ O/ha	Promedios g/planta	Presentación *	Tratamientos N - K ₂ O/ha	Promedios g/planta	Presentación*
381 - 305	10.50	A	381 - 244	11.50	A
381 - 244	9.50	A	381 - 305	11.18	A
254 - 122	9.18	A	254 - 122	11.13	A
127 - 244	9.14	A	127 - 244	10.00	A
127 - 183	8.93	A	127 - 183	9.57	A
254 - 183	8.48	A	254 - 183	9.49	A
381 - 122	8.19	A	381 - 61	9.23	A
381 - 183	8.04	A	381 - 122	8.67	A
381 - 61	7.91	A	381 - 183	8.65	A
254 - 61	7.36	B	254 - 244	8.52	A
254 - 244	7.34	B	254 - 305	8.05	A
254 - 305	6.95	B	254 - 61	7.99	A
127 - 61	6.66	B	127 - 61	7.56	B
127 - 305	6.51	B	127 - 122	7.34	B
127 - 122	6.31	B	127 - 305	6.67	B

Comparador Tukey 0.05% para 60 ddt: 2.83 g/planta

Comparador Tukey 0.05% para 90 ddt: 5.25 g/planta

*: Tratamientos con la misma literal se consideran iguales.

La fertilización con N favoreció la acumulación de CaO en hojas de tabaco a los 60 y 90 días del trasplante. El efecto en forma individual del N a los 60 días del trasplante, mostró que el tratamiento 381 kg N/ha reportó el mayor valor de CaO acumulado, con 8.33 g/planta. A los 90 días del trasplante los valores de CaO acumulado variaron de 9.04 a 9.85 g/planta, los cuáles correspondieron a los tratamientos 254 y 381 kg N/ha respectivamente.

La fertilización con K₂O mostró que la acumulación de CaO se mantiene al fertilizar con cantidades moderadas de K₂O y se reduce al aplicar cantidades mayores a 244 kg K₂O/ha. Este efecto se debe a las relaciones catiónicas entre el K₂O y el CaO en el suelo y, al antagonismo durante la absorción.

Las acumulaciones de calcio a los 60 días del trasplante respecto al efecto del potasio mostraron que los mayores valores se reportaron de 7.89 a 8.66 g/planta, los cuáles correspondieron a los tratamientos 122, 305, 183 y 244 kg K_2O /ha. A los 90 días del trasplante las mayores acumulaciones calcio respecto a la fertilización con potasio, variaron de 9.05 a 10.01 g/planta, los valores correspondieron a los tratamientos 122, 183, 305 y 244 kg K_2O /ha.

Rendimientos de 3.40 a 3.41 ton hoja/ha, a los 90 días después del trasplante, reportaron valores de calcio acumulado de 185 a 190 kg CaO /ha respectivamente.

La figura 16, indica que aplicaciones crecientes de nitrógeno mostraron incrementos en la acumulación de calcio en hojas de tabaco, y los niveles que reportaron mayores valores fueron 244 y 381 kg N/ha a los 60 y 90 días después del trasplante.

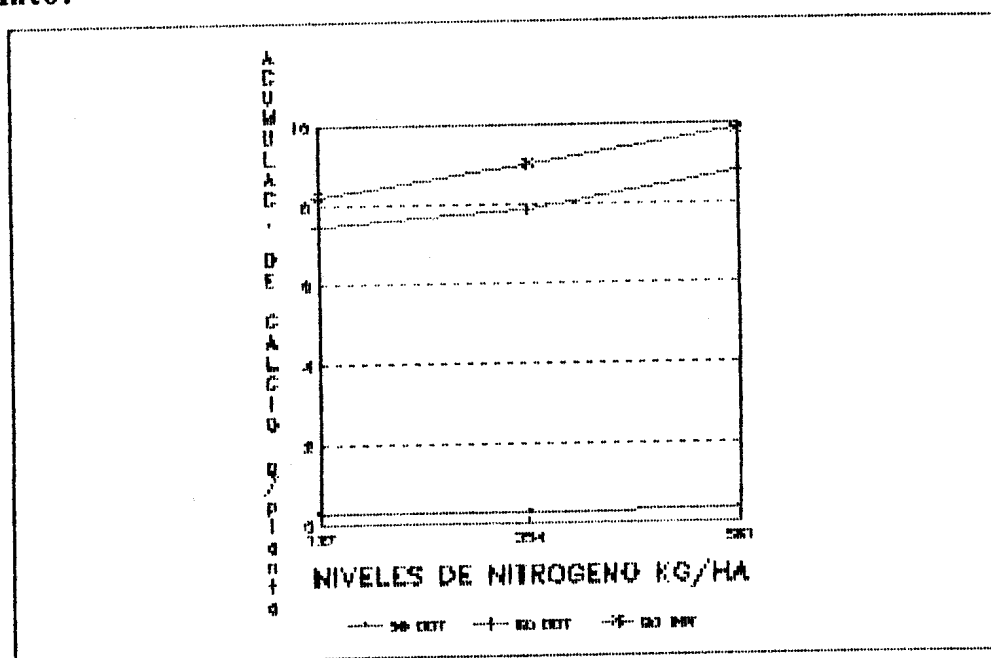


Figura 16. Acumulación de calcio en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días después del trasplante, respecto a la fertilización con nitrógeno

La figura 17, indica que las mayores acumulaciones de calcio se reportaron para los tratamientos 183 y 244 kg K_2O /ha. La reducción de la acumulación en 305 kg K_2O /ha, se debió a proporción del calcio respecto al potasio en el suelo.

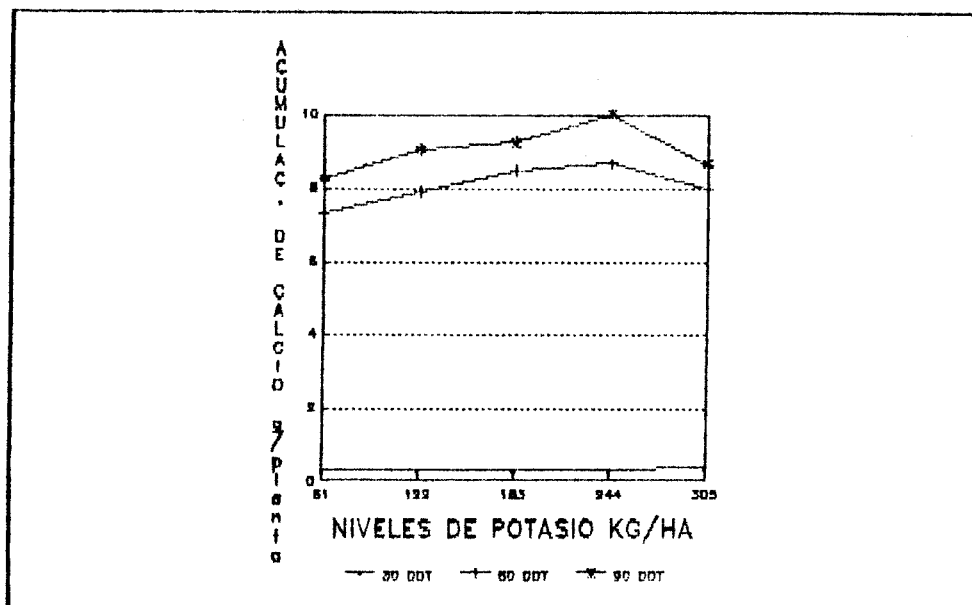


Figura 17. Acumulación de calcio en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días después del trasplante, respecto a la fertilización con potasio.

La figura 18, indica que la mayor tasa relativa de acumulación del calcio se reportó de 30 a 60 días del trasplante. La reducción en la acumulación de calcio posterior a los 60 días, se debió a la supresión de la etapa de floración, por la capa o desflor.

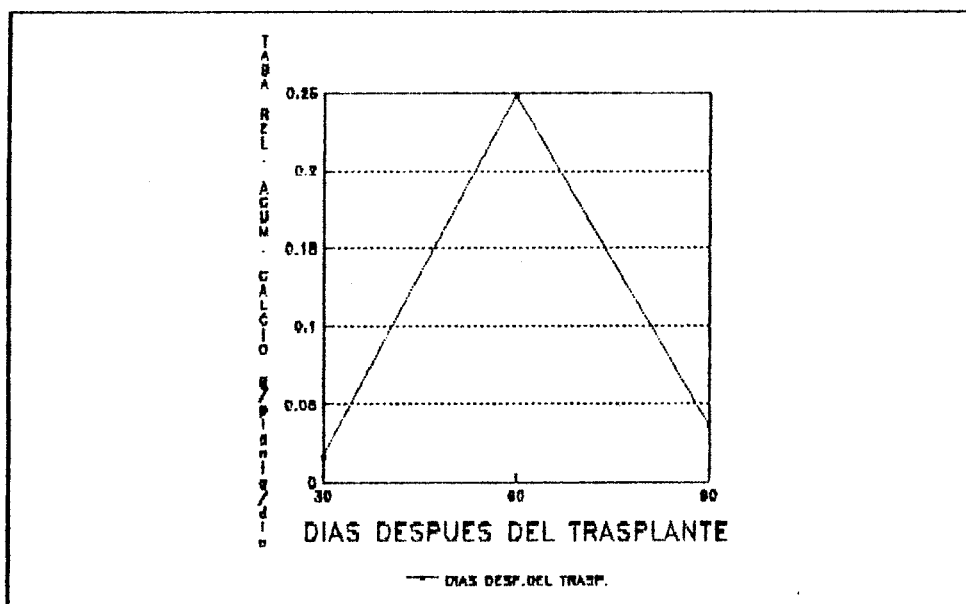


Figura 18. Tasa relativa de acumulación de calcio en hojas de tabaco tipo burley, a los 30, 60 y 90 días después del trasplante.

El análisis de varianza en un diseño unifactorial para la acumulación de calcio en hojas de tabaco, se muestra en el cuadro 36, donde las combinaciones de nitrógeno y potasio reportaron diferencias significativas y altamente significativas a los 30, 60 y 90 días después del trasplante.

Cuadro 36. Análisis de varianza para la acumulación de calcio en hojas de tabaco tipo burley a los 30, 60 y 90 días después del trasplante.

Tratamientos	Fuentes de variación	Fc			Ft	
		30 ddt	60 ddt	90 ddt	0.05	0.01
Bloques	2					
Tratamientos	16	2.17 *	4.79 **	4.30 **	1.97	
Error	32					
Total	50					

Coefficiente de variación para 30 ddt: 27.14%

Coefficiente de variación para 60 ddt: 12.86%

Coefficiente de variación para 90 ddt: 14.53%

*: Diferencias significativas entre tratamientos

**: Diferencias altamente significativas entre tratamientos

ddt: Días después del trasplante

El cuadro 37, indica que, a los 30 días después del trasplante todos los tratamientos reportaron similares acumulaciones de calcio a excepción del testigo absoluto (0 kg N, 0 kg K₂O). Los tratamientos que reportaron a los 60 días del trasplante, la mayor cantidad de calcio acumulado fueron: 381 kg N/ha, al combinarse con 305, 244, 122, 183 y 61 kg K₂O/ha; 254 kg N/ha al combinarse 122 y 183 kg K₂O/ha; 127 kg N/ha al combinarse con 244 y 183 kg K₂O/ha. A los 90 días del trasplante los tratamientos que reportaron la mayor acumulación de calcio fueron: 381 kg N/ha al combinarse con 244, 305, 61, 122 y 183 kg K₂O/ha; 254 kg N/ha al combinarse con 122, 183, 244, 305, 61 y 0 kg K₂O/ha; 127 kg N/ha con 244 y 183 kg K₂O/ha.

Cuadro 37. Comparación de medias de Tukey para la acumulación de calcio a los 30, 60 y 90 días del trasplante, respecto a la aplicación de nitrógeno y potasio.

30 días después del trasplante			60 días después del trasplante			90 días después del trasplante		
Trata- mientos	Promedios g/planta	Presen- tación *	Trata- mientos	Promedios g/planta	Presen- tación *	Trata- mientos	Promedios g/planta	Presen- tación
381-244	0.42	A	381-305	10.53	A	381-244	11.50	A
127-305	0.40	A	381-244	9.50	A	381-305	11.10	A
381-61	0.38	A	254-122	9.18	A	254-122	11.13	A
127-183	0.34	A	127-244	9.14	A	127-244	10.00	A
381-305	0.34	A	127-183	8.93	A	127-183	9.57	A
254-305	0.33	A	254-183	8.46	A	254-183	9.49	A
381-183	0.32	A	381-122	8.19	A	381-61	9.23	A
381-122	0.31	A	381-183	8.04	A	381-122	8.67	A
254-61	0.30	A	381-61	7.91	A	381-183	8.65	A
127-122	0.30	A	254-0	7.63	A	254-244	8.52	A
254-244	0.29	A	254-61	7.36	B	254-0	8.40	A
254-183	0.28	A	254-244	7.34	B	254-305	8.05	A
127-61	0.26	A	254-305	6.95	B	254-61	7.99	A
254-122	0.25	A	127-61	6.66	B	127-61	7.56	B
254-0	0.25	A	127-305	6.51	B	127-122	7.34	B
127-244	0.21	A	127-122	6.31	C	127-305	6.67	C
0-0	0.14	B	0-0	5.73	D	0-0	6.15	C

Comparador Tukey para 30 ddt: 0.25 g/planta

Comparador Tukey para 60 ddt: 3.11 g/planta

Comparador Tukey para 90 ddt: 3.93 g/planta

*: Tratamientos con la misma literal se consideran estadísticamente iguales
ddt: Días después del trasplante.

7.3.5. Acumulación de magnesio:

El magnesio es de importancia ya que es parte de la estructura de clorofila y forma parte de las relaciones catiónicas importantes del suelo.

El análisis de varianza se presenta en el cuadro 38, donde niveles de nitrógeno reportaron efectos significativas y altamente significativas a los 60 y 90 días después del trasplante.

El potasio reportó efectos significativas sobre el magnesio acumulado a los 90 días del trasplante. La interacción nitrógeno y potasio reportó efectos significativas para la variable a los 90 días del trasplante.

Los resultados que se obtuvieron indican que la fertilización con nitrógeno, potasio y su interacción afectaron la acumulación de magnesio en hojas de tabaco.

Cuadro 38. Análisis de varianza para la acumulación de magnesio en hojas de tabaco a los 30, 60 y 90 días después del trasplante.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Fc			Ft	
		30 ddt	60 ddt	90 ddt	0.05	0.01
Repeticiones	2					
Nitrógeno	2	1.69 ^{NS}	3.56 [*]	14.75 ^{**}	3.34	5.45
Potasio	4	1.61 ^{NS}	1.19 ^{NS}	3.79 [*]	2.71	4.07
Nit X Pot	8	1.08 ^{NS}	1.17 ^{NS}	7.95 ^{**}	2.29	3.23
Error	28					
Total	44					

C.V. 30 ddt: 24.89%; C.V. 60 ddt: 16.98%; C.V. 90 ddt: 9.49 %

- *: Diferencias significativas entre tratamientos
 **: Diferencias altamente significativas entre tratamientos
 N.S. No existió diferencias entre tratamientos

El cuadro 39, muestra que las mayores acumulación de MgO en la parte foliar de tabaco a los 60 días del trasplante variaron de 1.71 a 1.84 g/planta, los cuáles correspondieron a los tratamientos 254 y 381 kg N/ha.

Cuadro 39. Prueba de Tukey para la acumulación de magnesio a los 60 y 90 días del trasplante, respecto a la fertilización con nitrógeno.

Tratamientos kg N/ha	60 días del trasplante	
	Promedios g/planta	Presentación *
381	1.84	A
254	1.71	A
127	1.56	B

Comparador Tukey para 60 ddt: 0.26 g/planta

Comparador Tukey para 90 ddt: 0.28 g/planta

- *: Tratamientos con la misma literal se consideran iguales.

El cuadro 40, indica que las mayores acumulaciones de MgO en hojas de tabaco, para la interacción nitrógeno-potasio, a los 90 días del trasplante, reportaron valores entre 3.36 a 4.29 g/planta. Los valores que se reportaron mostraron que la interacción nitrógeno-potasio, potencializó la acumulación de magnesio respecto a los tratamientos en forma individual.

A los 90 días del trasplante los valores más altos de magnesio acumulados respecto a la fertilización con nitrógeno, variaron de 3.22 a 3.62 g/planta, los cuáles correspondieron a los tratamientos 254 y 381 kg N/ha respectivamente. La tendencia mostró que el nitrógeno incrementó la acumulación de magnesio en hojas de tabaco.

A los 90 días del trasplante los valores más altos de magnesio acumulado respecto a la aplicación de potasio, variaron de 3.18 a 3.52 g/planta, los cuáles correspondieron a los tratamientos 244, 183, 305, y 122 kg K₂O/ha.

Cuadro 40. Prueba de medias de Tukey para la acumulación de magnesio a los 90 días del trasplante, respecto a la interacción N y K₂O.

Interacción N - K ₂ O/ha	Promedios g/planta	Presentación *
381 - 305	4.29	A
127 - 244	3.85	A
381 - 244	3.70	A
254 - 122	3.56	A
127 - 183	3.52	A
381 - 61	3.48	A
381 - 183	3.40	A
254 - 183	3.36	A
381 - 122	3.22	B
254 - 305	3.09	B
254 - 61	3.05	B
254 - 244	3.02	B
127 - 122	2.77	B
127 - 61	2.51	B
127 - 305	2.40	B

Comparador Tukey: 0.94 g/planta

*: Tratamientos con la misma literal se consideran iguales.

Los datos mostraron que el tratamiento 305 kg K_2O /ha reportó valores absolutos menores a 244 y 183 kg K_2O /ha. Esto indica que cantidades elevadas de potasio disminuyen la acumulación de magnesio en hojas de tabaco a los 90 días después del trasplante.

Rendimientos totales de 3.40 a 3.41 ton hoja/ha mostraron a los 90 días del trasplante, acumulaciones de MgO de 65 a 68 kg MgO /ha respectivamente.

La figura 19, muestra que la fertilización con nitrógeno reportó incrementos en la acumulación de magnesio en hojas de tabaco. El comportamiento de la fertilización con nitrógeno aplicado al suelo, mejoraron la acumulación de magnesio en hojas de tabaco, los mayores valores se reportaron con los tratamientos 254 y 381 kg N/ha.

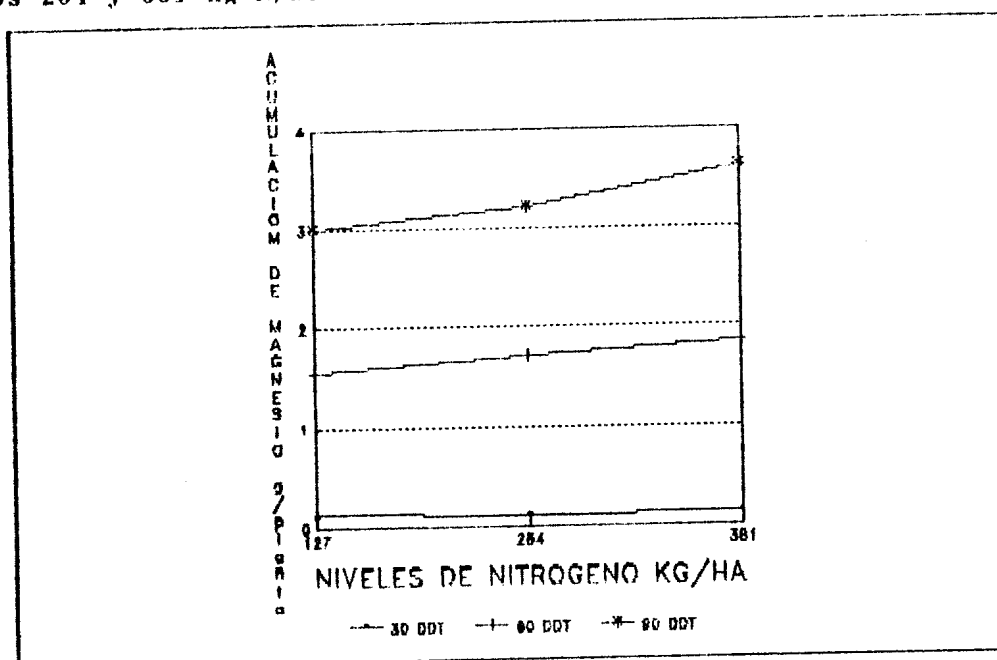


Figura 19. Efecto de los niveles de nitrógeno a los 30, 60 y 90 días del trasplante sobre la acumulación de magnesio en hojas de tabaco tipo burley.

La figura 20, indica que los niveles de potasio tendieron a ligeros incrementos en las cantidades de magnesio acumulados para los tratamientos 61, 122, 183 y 244 kg K_2O /ha, durante el ciclo de cultivo. El nivel 305 kg K_2O /ha reportó descensos en el magnesio acumulado a los 60 y 90 días del trasplante. La causa del descenso se debe al desbalance de las relaciones catiónicas entre potasio y magnesio en el suelo y, al antagonismo que existió durante la absorción de los nutrientes. Los valores indican que, niveles superiores a 244 kg K_2O /ha redujeron la acumulación a los 60 y 90 días del trasplante.

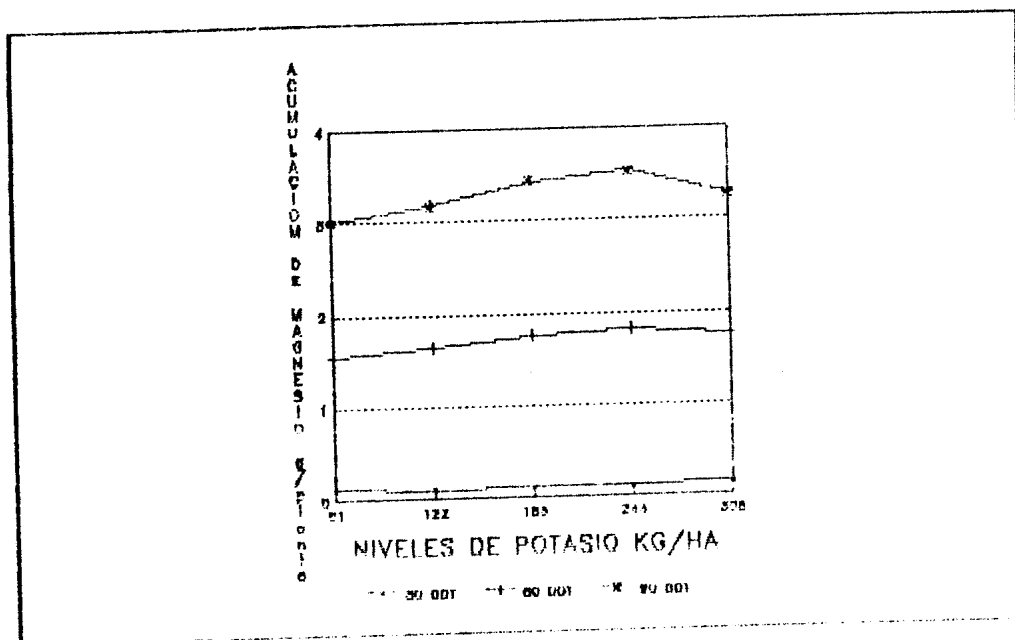


Figura 20. Efecto de los niveles de potasio a los 30, 60 y 90 días del trasplante, sobre la acumulación de magnesio en hojas de tabaco tipo burley.

La figura 21, indica que la acumulación de magnesio durante los primeros 30 días del ciclo fué de 0.04 g/planta/día, la cual se consideró baja; la mayor tasa de acumulación de MgO , se observó de 30 a 60 días del trasplante, con valores de 0.053 g/planta/día, durante en la etapa de crecimiento activo. En la etapa de floración, la tasa de acumulación de MgO mostró valores de 0.052 g/planta/día.

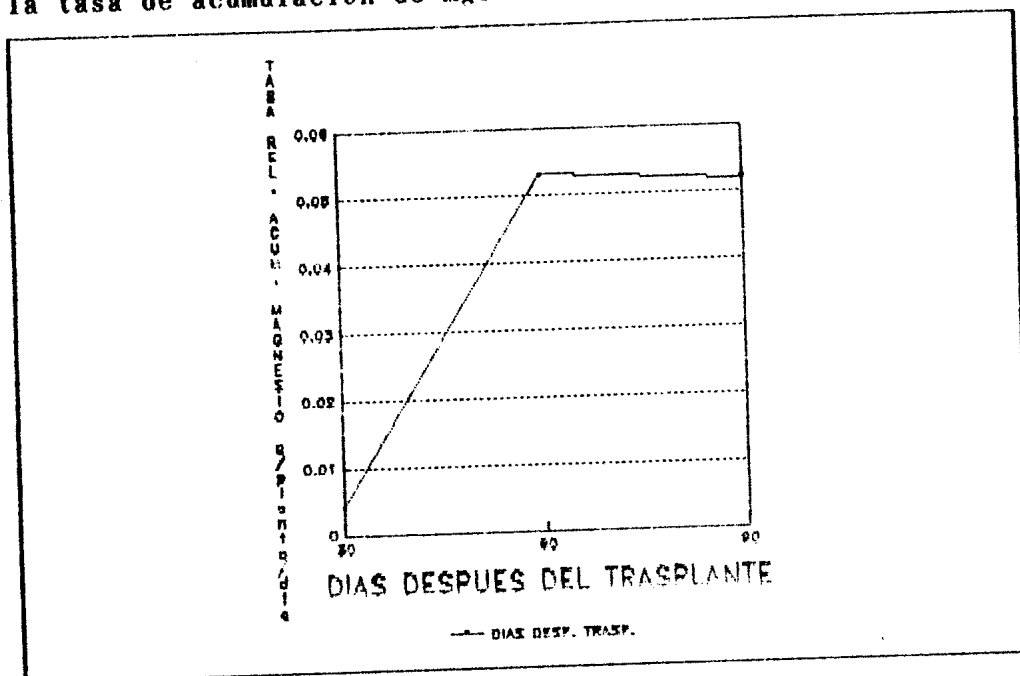


Figura 21. Tasa relativa de acumulación del magnesio en la parte foliar del trasplante a los 30, 60 y 90 días del trasplante.

La acumulación de nutrientes en hojas de tabaco a los 90 días del trasplante para un rendimiento de 4.41 ton/ha reportó valores de 208 kg N/ha, 36 kg P_2O_5 /ha, 370 kg K_2O /ha, 190 kg CaO/ha y 68 kg MgO/ha. Las concentraciones de nutrientes en hojas a los 30 días del trasplante fueron 3.96% N, 0.46% P, 7.33% K, 2.28% Ca, y 0.78% Mg; a los 60 días del trasplante fueron 4.03% N, 0.46% P, 7.97% K, 3.0% Ca y 0.98% Mg; a los 90 días del trasplante las concentraciones fueron 4.0% N, 0.28% P, 6.20% K, 2.72% Ca y 0.90% Mg.

El cuadro 41 muestra el análisis de varianza para la acumulación de MgO, analizadas en el diseño unifactorial bloques al azar, donde las combinaciones de nitrógeno y potasio reportaron efectos significativas a los 60 días del trasplante y efectos altamente significativas a los 90 días del trasplante.

Cuadro 41. Análisis de varianza en diseño unifactoriales en bloques al azar, para la acumulación de magnesio a los 30, 60 y 90 días del trasplante.

Fuentes de variación	Gl	Fc			Ft	
		30 ddt	60 ddt	90 ddt	0.05	0.01
Tratamientos	16	1.93 ^{NS}	2.15 [*]	7.50 ^{**}	1.97	
Bloques	2					
Error	32					
Total	50					

Coeficiente de variación para 30 ddt: 25.25%
 Coeficiente de variación para 60 ddt: 18.22%
 Coeficiente de variación para 90 ddt: 10.88%

*: Diferencias significativas entre tratamientos
 **: Diferencias altamente significativas entre tratamientos
 N.S. No existió significancia entre tratamientos
 ddt: Días después del trasplante

El cuadro 42, muestra que los mayores valores de MgO acumulado a los 60 días del trasplante variaron de 2.26 a 1.43 g/planta. Los mayores valores de acumulación de MgO a los 90 días del trasplante variaron de 4.29 a 3.30 g/planta.

El testigo absoluto (0 kg N/ha-0 kg K_2O /ha), mostró los valores mas bajos de calcio acumulado, lo cual evidenció la importancia de la fertilización al suelo con nitrógeno y potasio sobre la acumulación del nutriente.

Cuadro 42. Comparación de medias de Tukey para la acumulación de magnesio en hojas de tabaco tipo burley, respecto a la combinación de nitrógeno y potasio, analizadas en un experimento unifactorial en bloques al azar.

60 días después del trasplante			90 días después del trasplante		
Tratamientos N - K ₂ O/ha	Promedios g/planta	Presentación *	Tratamientos N - K ₂ O/ha	Promedios g/planta	Presentación *
381 - 244	2.26	A	381 - 305	4.29	A
381 - 183	1.87	A	127 - 244	3.85	A
254 - 183	1.86	A	381 - 244	3.70	A
381 - 305	1.81	A	254 - 122	3.56	A
127 - 305	1.76	A	127 - 183	3.52	A
254 - 305	1.73	A	381 - 61	3.48	A
254 - 61	1.68	A	254 - 183	3.36	A
254 - 122	1.67	A	381 - 183	3.30	A
381 - 61	1.67	A	381 - 122	3.22	B
127 - 122	1.63	A	254 - 0	3.17	B
254 - 244	1.63	A	254 - 305	3.09	B
381 - 122	1.61	A	381 - 61	3.05	B
127 - 244	1.56	A	254 - 244	3.02	B
127 - 183	1.53	A	127 - 122	2.77	C
254 - 0	1.43	A	127 - 61	2.51	D
127 - 61	1.33	B	127 - 305	2.40	F
0 - 0	1.06	B	0 - 0	2.07	F

Comparador Tukey al 0.05 para 60 ddt: 0.92 g/planta
Comparador Tukey al 0.05 para 90 ddt: 1.07 g/planta

7.4. Análisis económico:

El análisis económico de los tratamientos se efectuó a nivel de tasa marginal de retorno del costo variable y metodología del residuo. El costo variable incluyó el costo del fertilizante más el costo de su aplicación.

El Cuadro 43, indica la tasa marginal de retorno del costo variable para los tratamientos, y reportó que el mayor valor le corresponde al tratamiento 254 klg N/ha al combinarse con 183 kg K₂O/ha, con valor de 2,425.0%

Cuadro 43. Tasas marginales de costos variables para las diferentes combinaciones de nitrógeno y potasio.

Tratamiento N - K ₂ O/ha	Costo variable	Costo marginal	Ingreso neto	Ingreso marginal	T M R C V
0 - 0	0		11,640.60		
		853.34		13,393.64	1,570.00
127 - 61	853.34		25,034.24		
		268.52		2,716.55	1,012.00
127 - 122	1,121.86		27,750.79		
		661.12		3,719.01	562.50
381 - 61	1,782.98		31,469.80		
		72.23		1,751.56	2,425.00
254 - 183	1,855.21		33,221.36		
		196.29		783.69	399.00
381 - 122	2,051.50		34,005.05		

El cuadro 44 muestra el análisis de residuos, donde el tratamiento con mayor residuo económico, fué 381 kg N/ha con 122 kg K₂O/ha, con Q. 32,073.55. Este tratamiento se adecua a los agricultores sin restricciones de capital.

Cuadro 44. Análisis de residuos para las diferentes combinaciones de nitrógeno y potasio.

Tratamientos N - K ₂ O/ha	Costo variables	Ingreso neto	Retorno mínimo requerido	Residuo (Q)
0 - 0	0	11,640.62	0	11,640.62
127 - 61	853.34	25,034.24	853.34	24,180.90
127 - 122	1,121.86	27,750.79	1,121.86	26,628.93
381 - 61	1,782.98	31,469.80	1,782.98	29,686.82
254 - 183	1,855.21	33,221.36	1,855.21	31,366.12
381 - 122	2,051.50	34,125.05	2,051.50	32,073.55

En base a la respuesta económica, características de fumado y rendimientos, se recomienda para agricultores con recursos económicos limitados, el tratamiento 254 kg N/ha combinado con 183 kg K₂O/ha. Para agricultores sin restricciones de capital se recomienda el programa de fertilización 381 kg N/ha combinado con 122 kg K₂O/ha.

8. CONCLUSIONES:

- 1- La fertilización con nitrógeno y potasio reportaron incrementos sobre el rendimiento total y rendimientos de hoja B_1 de tabaco. Los mayores rendimientos totales se reportaron al fertilizar con 381 kg N/ha con valores de 3.25 ton hoja/ha; 305 y 183 kg K_2O /ha con rendimientos de 3.19 y 3.09 ton hoja/ha respectivamente. Los mayores rendimientos de hoja B_1 se reportaron al aplicar 254 kg N/ha con 1.07 ton/ha; 305, 244 y 183 kg K_2O /ha con 1.10, 1.05 y 1.04 ton /ha respectivamente.
- 2- La fertilización con nitrógeno reportó efectos significativos sobre el contenido de nicotina en hojas grado B_1 y C_1 . Los niveles de nitrógeno que reportaron el mayores contenido de nicotina en hojas grado B_1 fueron 381 y 254 kg N/ha con valores de 5.19% y 5.07% respectivamente. En hojas C_1 los niveles de nitrógeno que reportaron mayores contenidos de nicotina fueron: 381 y 254 kg N/ha con 4.51% y 4.43% respectivamente.
- 3- Las cantidades de nutrientes acumulados en hojas de tabaco para un rendimiento de 3.41 ton/ha y una densidad de 20,000 plantas/ha, fueron 208 kg N/ha, 36 kg P_2O_5 /ha, 370 kg K_2O /ha, 190 kg CaO/ha y 68 kg MgO/ha.
- 4- Las combinaciones de nitrógeno y potasio, que mostraron mejores atributos al fumarse fueron: 254 kg N/ha al combinarse con 305 kg K_2O /ha para 90 puntos; 381 kg N/ha al combinarse con 122 kg K_2O /ha para 88 puntos y 254 kg N/ha al combinarse con 183 kg K_2O /ha para 83 puntos.
- 5- La acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco a los 90 días del trasplante respecto a la interacción nitrógeno-potasio reportaron valores de 7.88 a 10.37 g/planta. La aplicación de nitrógeno al suelo mejoró la acumulación de nitrógeno en hojas de tabaco. La mayor tasa de acumulación se presentó de 30 a 60 días después del trasplante con valores de 0.1375 g/día/planta.
- 6- La acumulación de fósforo en hojas de tabaco reportó a los 90 días del trasplante valores de 1.64 a 2.42 g/planta respecto la interacción nitrógeno-potasio. La fertilización con nitrógeno reportó incrementos en la acumulación de fósforo. La mayor tasa de acumulación se observó de 30 a 60 días del trasplante, con valores de 0.032 g/planta/día.

- 7- La acumulación de potasio en hojas de tabaco reportó a los 90 días del trasplante, valores de 18.42 a 26.18 g/planta respecto a la interacción nitrógeno-potasio. A los 90 días del trasplante, la fertilización con nitrógeno y potasio en forma individual, mejoraron la acumulación de potasio. La mayor tasa de acumulación se observó de los 30 a los 60 días del trasplante, con valores de 0.292 g/planta/día.
- 8- La acumulación de calcio en hojas de tabaco reportó a los 60 y 90 días del trasplante efectos altamente significativos respecto a la interacción nitrógeno-potasio. Los valores de calcio a los 60 días del trasplante, variaron de 7.91 a 10.50 g/planta. Los valores de calcio a los 90 días del trasplante variaron de 7.99 a 11.50 g/planta. La fertilización con potasio hasta 244 kg K_2O /ha reportó mejoras en la acumulación de calcio, niveles más altos, redujeron la acumulación de CaO . La mayor tasa relativa de acumulación se observó de 30 a 60 días después del trasplante con valores de 0.248 g/día/planta.
- 9- La acumulación de magnesio en hojas de tabaco reportó a los 90 días del trasplante efectos altamente significativos respecto a la interacción nitrógeno-potasio, con valores que variaron de 3.36 a 4.29 g/planta. La fertilización con potasio reportó mejoras en la acumulación de magnesio hasta los 244 kg K_2O /ha, cantidades mayores, redujeron la acumulación. Las mayores tasas de acumulación se reportaron durante el periodo de 30 a 60 y de 60 a 90 días del trasplante, con valores de 0.053 y 0.052 g/día/planta respectivamente.
- 10- La combinación de nitrógeno-potasio que mostró la mayor tasa marginal de retorno de capital variable fué 254 kg N/ha al combinarse con 183 kg K_2O /ha, con valores de 2,425.0%
- 11- El tratamiento 381 kg N/ha al combinarse con 122 kg K_2O /ha, mostró en el análisis de residuos, la mayor diferencia económica con Q. 32,073.55/ha.

9. RECOMENDACIONES:

- 1- Los niveles de Nitrógeno y potasio que se recomiendan para fertilizar tabaco, por su rendimiento total de hojas, contenido de nicotina, atributos al fumarse y retorno de los costos variables es 254 kg N/ha al combinarse con 183 kg K₂O/ha
- 2- Realizar estudios sobre el efecto del potasio sobre los atributos del tabaco al fumarse en la zona de Zacapa.

10. BIBLIOGRAFIA:

- 1- ALVARADO, O.A. 1983. Manual del procesamiento industrial del tabaco en rama en Guatemala. Tesis Ing. Químico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 80 p.

- 2- BAILEY, L.H. 1951. Manual of cultivated plants, most commonly grown in the continental United States and Canadá. New York, EE.UU., Macmillan. 1116 p.

- 3- BEAR, F. 1959. Soils and fertilizers. 4 ed. New York. EE.UU., Wiley Publishing. 420 p.

- 4- BENNET, R.; NAU, H.; HAWKS, S. 1954. Fertilizing burley tobacco for high quality and yield. North Carolina, North Carolina State University. 379 p.

- 5- BIDWELL, R.G. 1979. Fisiología vegetal. Trad. Guadalupe Gerónimo. México, AGT editores. 784 p.

- 6- CRONQUIST, A. 1981. An integrated sistem of clasification of flowering plants. New York, Garden, Columbia University Press. 1261 p.

- 7- CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.

- 8- CRUZ NAJERA, L.F. 1985. Manual de clasificación de los distintos tipos de tabaco cultivados en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas. 110 p.

- 9- DEVLIN, R.M. 1982. Fisiología vegetal. Trad. Xavier Limona Pages. 4 ed. México, Omega. 517 p.

- 10- FAO (Mex). 1983. Cultivo de plantaciones. 2 ed. México. Trillas. 122 p. (Manual para Educación Agropecuaria. área de Producción Vegetal).

- 11- FLORES AUCEDA, H. 1990. Efecto del despunte y época de corte sobre el rendimiento y calidad del tabaco tipo burley (*Nicotiana tabacum* L). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 60 p.

- 12- JACOB, A.; UEXKÜLL, H. 1960. Fertilizer use, nutrition and manuring of tropical crops. Trad. C.L. Whittless. 2 ed. Germany, Germany verlagsgesellschaft für ackerbau. 617 p.

- 13- GUATEMALA. BANCO DE GUATEMALA. SECCION DE ESTADISTICAS CAMBIARIAS. 1992. Principales estadísticas de comercio exterior durante el periodo 1985-1992. Guatemala. 60 p.

- 14- . INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. Tarjetas de control meteorológico de la estación Pasabién, Río Hondo, Zacapa; período 1980-1989. Sin publicar

- 15- HARDTER, R.; MUTTERT, E.W.; DEYING, L. 1992. High quality flue-cured tobacco with sulphate of potash; result from four year of field experimentation in the chinsese provinces of Anhui, Hebei, Henan, Jiangsu and Shandong. Tobacco International (EE.UU) no.6:36-40.

- 16- HOYT, G.D. 1994. Conservation tillage for burley tobacco, nitrogen recomendations. In Burley Tobacco Information. North Carolina, North Carolina State University. p. 34-35.

- 17- LLANOS COMPANY, M. 1981. El tabaco, manual técnico para el cultivo y curado. Madrid, España, Mundi-Prensa. 305 p.

- 18- MARTIN PREVEL, P. 1981. Papel que desempeñan los minerales en los vegetales. Revista de la Potasa (Sección B:1-9) (Suiza) no.1:9.

- 19- MEJIA GARCIA, O. 1990. Diagnóstico y perspectivas del sistema productivo del tabaco en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 133 p.

- 20- ORTIZ LOPEZ, A. 1992. En la zona semiárida de Guatemala, el tomate, el maíz, el melón, la okra y el tabaco, producen mayores ingresos; la importancia de los cultivos agrícolas en las unidades estatales de riego en la zona semiárida de Guatemala, una explicación microeconómica. Agro; Boletín Informativo (Gua) no. 5:4-5.
- 21- PAPPAS ESCUDERO, J.L. 1991. Evaluación de dosis y épocas de aplicación de fertilizantes amónico y nítrico sobre el rendimiento y contenido de nicotina en tabaco tipo burley (Nicotiana tabacum L). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 60 p.
- 22- PEEDIN, G.F.; SMITH, W.D.; YELVERTON, F.H. 1990. Agronomic production practices. In Tobacco Information. North Carolina, North Carolina State University. p. 27-37.
- 23- SASSCER, C. 1994. Burley variety information. In Burley Tobacco Information. North Carolina, North Carolina State University. p. 10-14.
- 24- SCHIMID, K. 1951. Grundsätzliches zur düngung im qualitätstabakbau. Der Deutsche Tabakbauer no. 4: 27-29.
- 25- SHELTON, J.E. 1994. Fertilization, interpreting the soil test report. In Burley Tobacco Information. North Carolina, North Carolina State University. p. 28-29.
- 26- SIMMONS, CH.; TARANO, J.N.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. 1000 p.
- 27- STEWARD, J.F. 1993. Interpretación para reportes de análisis de suelo en tabaco tipo burley. EE.UU., Agro Service International. (Correspondencia personal).
- 28- VASQUEZ PEREZ, S.O. 1983. Importancia y control de la pata negra del tabaco (Nicotiana tabacum L), en la zona centro oriental de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 35 p.

10. 80.



11. A P E N D I C E :

Cuadro 45A. Programa fitosanitario en semilleros de tabaco tipo burley en La Reforma, Iruité, Zacapa.

Días después de la germinación	Productos(Se expresa por bomba de 4 galones)
0	Ridomil 56. 2 medidas bayer por tablón
5	Germinación
6	25 cc de Taron 600 SL + 40 g de Ferbán
9	15 g de Orthene + 40 g de Ferbán
12	5 g de Lannate-90 + 40 g de Ferbán
15	25 cc Taron 600 SL + 10 g de Ridomil MZ-72
18	30 g de Orthene-75 + 40 g Ferbán
21	10 g de Lannate-90 + 10 g de Ridomil MZ-72
24	50 cc de Vydate-L + 40 g Ferbán
27	25 cc de Taron 600 SL + 20 g de Ridomil MZ-72
30	30 g de Orthene-75 + 40 g de Ferbán
33	10 g de Lannate-90 + 20 g de Ridomil MZ-72
36	50 cc de Vydate-L + 40 g de Ferbán
39	25 cc de Taron 600 SL + 20 g de Ridomil MZ-72

Cuadro 46A. Programa fitosanitario del tabaco tipo burley, en el campo definitivo, para la zona de Zacapa.

Días después del trasplante	Dosis/ hectárea.	Plaga que controla
0	40 kg Ridomil 5G	Phytophthora parasitica
6	0.5 lt Thiodan 35 EC	Bemisia tabaci
10	0.5 lt Tamaron 600 SL + 1 kg Forban	Bemisia tabaci, Phytophthora parasitica fsp Nicotianae
14	1.0 lt Thiodan 35 EC + 0.33 kg Ridomil MZ-72	Bemisia tabaci, Phytophthora parasitica fsp Nicotianae
18	1.5 lt Tamaron 600 SL	Bemisia tabaci
22	1.5 lt Thiodan 35 EC	Bemisia tabaci
26	0.45 kg Lannate-90 + 1.5 kg Forban	Prodenia sp., Agrotis sp. Peronospora tabacina
30	2.2 lt Vidate L	Bemisia tabaci, Meloidogyne sp.
35	1 kg Orthene-75 + 0.50 kg Ridomil MZ-72	Trichoplusia ni, Peronospora tabacina
40	0.60 kg Lannate-90	Trichoplusia ni, Manduca sexta Heliothis sp., Spodoptera sp.
45	1.3 kg Novo Biobit (Bacillus thuringiensis fsp. Kurstaki)	Trichoplusia ni, Manduca sexta Heliothis sp., Spodoptera sp.
50	1.6 kg Ridomil MZ-72 + 1 kg Orthene-75	Peronospora tabacina, Manduca sexta Heliothis sp., Spodoptera sp. Trichoplusia ni
57	2.0 kg Ridomil MZ-72	Peronospora tabacina
60	1.3 kg Novo Biobit (Bacillus thuringiensis fsp Kurstaki)	Trichoplusia ni, Heliothis sp.

Cuadro 47 Cronograma de actividades.

EPOCA (semanas)	AGO		SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO	
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
PREPARACION DEL SEMILLERO		X																										
SIEMBRA			X																									
PREPARACION DEL DEL SUELO					X	X	X																					
TRASPLANTE								X																				
PRIMERA Y SEGUNDA FERTILIZACION									X		X																	
CONTROL FITOSANITARIO					X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X										
LIMPIAS										X		X																
RIEGOS								X		X			X		X		X		X	X								
CAPA																X												
DESHIJE																	X	X										
CORTE																			X									
CURADO																				X	X	X	X	X	X	X		
MUESTREOS												X				X				X								
DETERMINACION DE CALIDADES																										X		

Cuadro 48. Costos de producción de tabaco tipo burley, en La Reforma, Huixtla, Zacapa. Temporada 1993-1994.

I.	Insumos en Semilleros. incluye: semilla Tn-86, fungicidas, insecticidas, Manta shafer, bromuro de metilo, alambre, clavos, estacas y fertilizantes	Q.483.24
II.	Insumos en campo definitivo. incluye: insecticidas, fungicidas, fertilizantes, correctores de pH y fertilizante foliar	Q.4,157.20
III.	Materiales de campo. incluye: alambre, hilo, brin, 33% rociadoras, tendales, reglas y clavos	Q.1,069.85
IV.	Mano de obra	Q.3,634.00
V.	Otros. incluye: arrendamiento de terreno, combustibles, preparación del suelo, intereses sobre inversión, pago de contador y agua de riego.	Q.3,348.00

Total Q.12,692.29

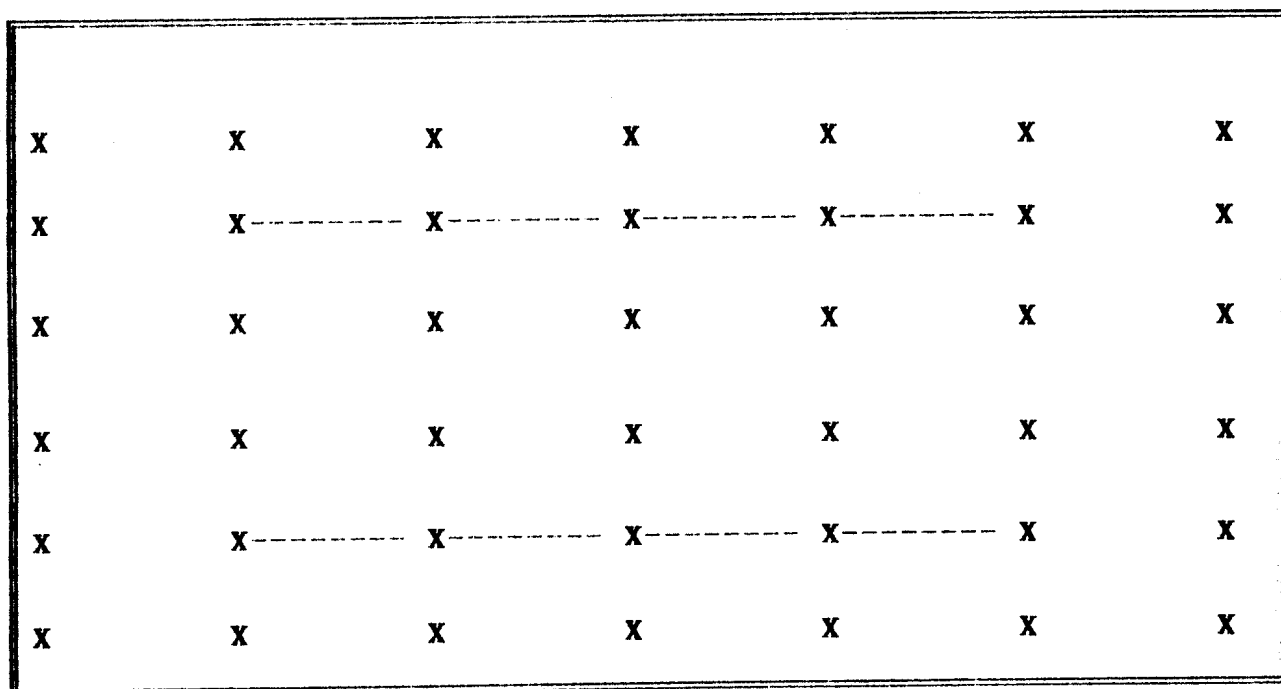


Figura 22A. Diagrama de la parcela neta.

1
7
6
3
5
10
15
12
2
14
4
9
11
13
8
16

6
3
2
16
5
14
1
13
9
12
15
8
10
4
11
7

1
4
15
8
7
13
5
14
2
6
9
12
16
3
10
11

Figura 23A:

Croquis del experimento.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

Ref. Sem.046-94

LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DEL EFECTO DE NIVELES DE NITROGENO Y POTASIO
SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE HOJA DE TABACO TIPO BURLEY
(Nicotiana tabacum L.) EN LA REFORMA, HUIITE, ZACAPA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: ELMER ESTUARDO GATICA TRABANINO

CARNET No: 88-13393

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Roderico Estrada
Ing. Agr. Anibal Sacbajá
Ing. Agr. Edgar Martínez

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. Carlos Fernández
A S E S O R

Ing. Agr. Carlos Orellana
A S E S O R

Ing. Agr. Rolando Lara Alejo
DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E

Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
D E C A N O



c.c.Control Académico
Archivo
/prr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01901 GUATEMALA, C. A.
TELEFONO: 769794 • FAX (5022) 769675