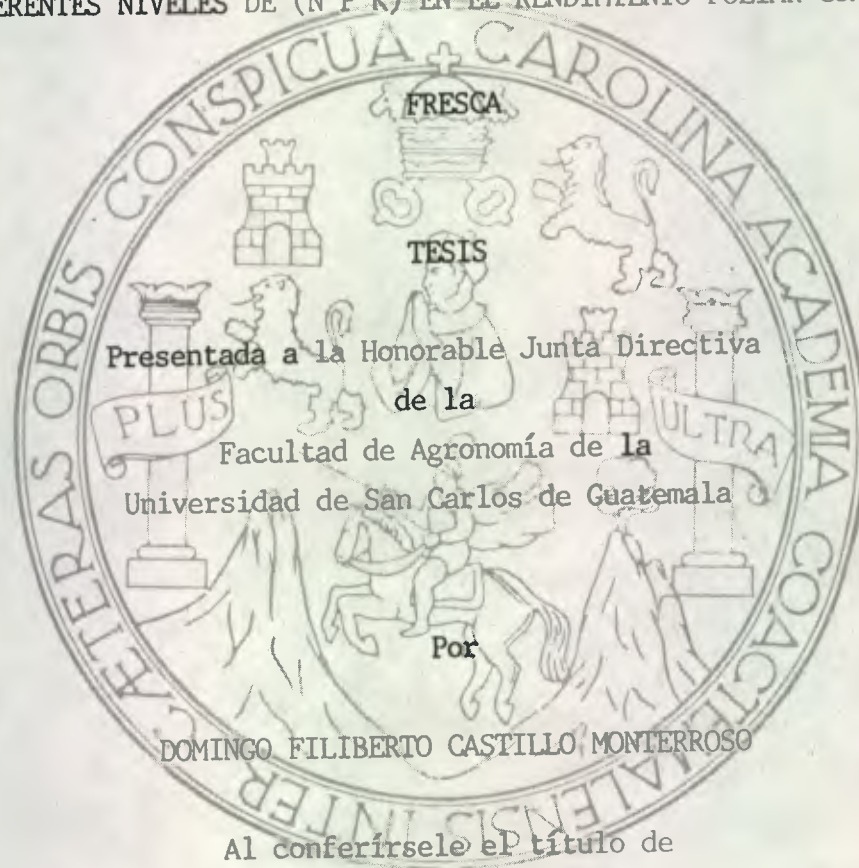


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RESPUESTA DEL Amaranthus hypochondriacus L. A LA FERTILIZACION
CON DIFERENTES NIVELES DE (N P K) EN EL RENDIMIENTO FOLIAR COMO MATERIA



Al conferírsele el título de
INGENIERO AGRONOMO
En el Grado Académico de
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, octubre de 1992

DL
01
T(1355)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

Dr. LUIS ALFONSO SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
VOCAL PRIMERO	Ing. Mynor Estrada Rosales
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Carlos R. Mota de Paz
VOCAL CUARTO	Br. Elías Raymundo Raymundo
VOCAL QUINTO	Br. Juan Gerardo De León
SECRETARIO	Ing. Agr. Marco R. Estrada Muy

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
EXAMINADOR	Ing. Mynor Estrada Rosales
EXAMINADOR	Ing. Candelario Méndez Muñoz
EXAMINADOR	Ing. Francisco Vásquez
SECRETARIO	Ing. Marco R. Estrada Muy



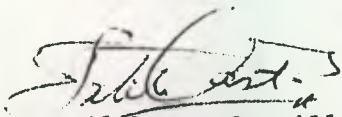
Guatemala, 27 octubre de 1992.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En atención a lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: "RESPUESTA DEL Amaranthus hypochondriacus L. A LA FERTILIZACION CON DIFERENTES NIVELES DE (N P K) EN EL RENDIMIENTO FOLIAR COMO MATERIA FRESCA".

Al presentarlo como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, confío merezca vuestra aprobación.

Deferentemente,


Domingo Filiberto Castillo Monterroso



ACTO QUE DEDICO

A MI MADRE: María Monterroso de Castillo

A MI ESPOSA: Mayra E. Mejía Godínez

A MIS HIJOS: Mayra Paola Catillo Mejía
Filiberto Alexander Castillo Mejía
Vanessa Alejandra Castillo Mejía

A MIS HERMANOS:

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS:



TESIS QUE DEDICO

- A: DIOS
- A: INSTITUTO TECNICO DE AGRICULTURA
- A: FACULTAD DE AGRONOMIA
- A: TODOS LOS INVOLUCRADOS EN EL DESARROLLO AGRICOLA DE GUATEMALA.





I N D I C E

	PAG.
RESUMEN.....	iii
1. INTRODUCCION.....	1
2. HIPOTESIS.....	2
3. OBJETIVOS.....	2
4. REVISION DE LITERATURA.....	2
5. MATERIALES Y METODOS.....	10
5.1. DESCRIPCION DEL AREA EXPERIMENTAL.....	10
5.1.1. Ubicación Geográfica.....	10
5.1.2. Ubicación Climática.....	10
5.1.3. El Area según Simmons.....	10
5.1.4. Características Químicas del Suelo.....	10
5.2. DESCRIPCION DEL MATERIAL VEGETAL.....	10
5.3. FACTORES A EVALUAR.....	11
5.4. NIVELES DE FERTILIZACION.....	11
5.5. TRATAMIENTOS SELECCIONADOS.....	11
5.6. FUENTES DE FERTILIZACION.....	14
5.7. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	14
5.8. MODELO ESTADISTICO.....	14
5.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	14
5.9.1. Preparación del Suelo.....	15
5.9.2. Siembra.....	15
5.9.3. Fertilización.....	15
5.9.4. Limpias.....	15
5.9.5. Control de Plagas.....	16
5.9.6. Cosecha.....	16
5.10. TAMAÑO DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL.....	16
5.11. TOMA DE DATOS.....	16
5.12. ANALISIS DE RESULTADOS.....	17
6. RESULTADOS Y DISCUSION.....	21
7. CONCLUSIONES.....	56
8. RECOMENDACIONES.....	57
9. BIBLIOGRAFIA.....	58
APENDICE.....	60



CONTENIDO DE CUADROS

		PAG.
CUADRO 1	COMPOSICION DE HORTALIZAS CRUDAS.....	5
CUADRO 2	TRATAMIENTOS SELECCIONADOS.....	12
CUADRO 3	RENDIMIENTO PROMEDIO FOLIAR DE AMARANTO	19
CUADRO 4	ANDEVA DE VARIABLE HOJA MAS TALLO FRESCOS (8 tratam.)....	21
CUADRO 5	ANDEVA DE VARIABLE HOJA MAS TALLO SECOS (8 tratam.).....	21
CUADRO 6	ANDEVA DE VARIABLE HOJA FRESCA (8 tratamientos).....	22
CUADRO 7	ANDEVA DE VARIABLE HOJA SECA (8 tratamientos).....	22
CUADRO 8	ANDEVA DE VARIABLE HOJA MAS TALLO FRESCOS (15 tratam.)...	23
CUADRO 9	ANDEVA DE VARIABLE HOJA MAS TALLO SECO (15 tratam.).....	23
CUADRO 10	ANDEVA DE VARIABLE HOJA FRESCA (15 tratamientos).....	24
CUADRO 11	ANDEVA DE VARIABLE HOJA SECA (15 tratamientos).....	24
CUADRO 12	ANDEVA DE VARIABLE HOJA MAS TALLO FRESCOS (14 tratam.)...	25
CUADRO 13	ANDEVA DE VARIABLE HOJA MAS TALLO SECO (14 tratam.).....	25
CUADRO 14	ANDEVA DE VARIABLE HOJA FRESCA (14 tratamientos).....	26
CUADRO 15	ANDEVA DE VARIABLE HOJA SECA (14 tratamientos).....	26
CUADRO 16-19	ANALISIS SEGUN TECNICA DE YATES PARA LAS VARIABLES EN ES- TUDIO DEL FACTORIAL 2 ⁿ	29
CUADRO 20	DETERMINACION DEL INGRESO NETO PARA LA VARIABLE HOJA MAS TALLO FRESCO (DE LOS PRIMEROS 8 TRATAMIENTOS).....	45
CUADRO 21	DETERMINACION DEL INGRESO NETO PARA LA VARIABLE HOJA FRESCA (DE LOS PRIMEROS 8 TRATAMIENTOS).....	50
CUADRO 1A	PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO DONDE SE REALIZO ESTUDIO..	61
CUADRO 2A	NIVELES DE FERTILIZACION DEL ESTUDIO.....	61

CONTENIDO DE FIGURAS

FIGURA 1	DISTRIBUCION GRAFICA DE LOS TRATAMIENTOS.....	13
FIGURA 2,3 y 4	CURVAS DE RESPUESTA DEL CULTIVO AL N,P y K (H+T FRESCOS)..	31,32 y 33
FIGURA 5,6 y 7	CURVAS DE RESPUESTA DEL CULTIVO AL N,P y K (H+T SECOS)....	34,35 y 36
FIGURA 8,9 y10	CURVAS DE RESPUESTA DEL CULTIVO AL N,P y K (H SECA).....	37,38 y 39
FIGURA 11-13	CURVAS DE RESPUESTA DEL CULTIVO AL N,P y K (H FRESCA).....	40,41 y 42
FIGURA 14-16	DETERMINACION DE DOSIS OPTIMA ECONOMICA DE N,P y K PARA VARIABLE HOJA MAS TALLO FRESCOS.....	47,48 y 49
FIGURA 17-19	DETERMINACION DE DOSIS OPTIMA ECONOMICA DE N,P y K para VARIABLE HOJA FRESCA.....	52,53 y 54



RESPUESTA DEL Amaranthus hypochondriacus L. A LA FERTILIZACION CON
DIFERENTES NIVELES DE (N - P - K) EN EL RENDIMIENTO FOLIAR COMO
MATERIA FRESCA

ANSWER OF THE Amaranthus hypochondriacus L. TO THE FERTILIZATION
WITH DIFFERENT LEVELS OF (N - P - K) IN THE YIELD FOLIAGE AS A
FRESH MATTER

RESUMEN

La generación de tecnología para los diferentes cultivos, considera aspectos importantes como la fertilización, siendo esta un factor importante para incrementar los rendimientos. Para determinar una efectiva fertilización es necesario conocer la respuesta que el cultivo puede tener a la misma y que cantidad de nutrimentos es la mas adecuada para incrementar la producción.

La presente investigación tuvo como objetivo conocer la respuesta del Amaranthus hypochondriacus L. a la fertilización en rendimiento foliar como materia fresca; y determinar la mejor combinación de fertilizantes para mejorar el rendimiento.

La investigación se realizó en los campos experimentales de la Facultad de Agronomía, localizados en la ciudad de Guatemala, con coordenadas: 14°35'00" de latitud norte y 90°31'00" de longitud oeste.

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar, con tres repeticiones; el diseño de tratamientos fue incompleto dentro de la matriz Plan Puebla I; los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio evaluados fueron:

N = 15	30	45	60	kg/ha
P = 8	15	22	29	kg/ha
K = 19	38	57	76	kg/ha

El cultivo manifestó respuesta a la fertilización, y la mas adecuada combinación de niveles fue la de 45 kg/ha de N, 29 kg/ha de P y 57 kg/ha de K.

La tasa de retorno a capital para la variable hoja fresca fue de 20.72



1. INTRODUCCION:

Guatemala es un país en vías de desarrollo, presentando problemas críticos en la disponibilidad de alimentos, incidiendo en una desnutrición de aproximadamente el 90 % de sus habitantes. Estos problemas justifican la investigación de los recursos fitogenéticos, los que son numerosos y algunos con características cuali-cuantitativas de alto valor nutritivo y comercial.

La diversificación en la alimentación de los guatemaltecos es de suma importancia, y uno de los cultivos que reúne las características necesarias para incluirse en la dieta es el amaranto (bledo), que posee aproximadamente un 3.5 gramos de proteína, en 100 gramos de bledo.

Por investigaciones realizadas se puede deducir que el amaranto es un cultivo del que puede aprovecharse integralmente el follaje, tallo, semilla y cascabillo de la semilla.

La hoja del amaranto es de alto contenido nutricional para humanos y bajo costo de producción, al utilizar una adecuada fertilización, la cosecha de hojas puede llegar a 30 toneladas de materia fresca por hectárea a edad de corte, estos rendimientos pueden variar con el clima, la fertilidad del suelo y densidad de plantas. Debe considerarse también la edad de las plantas a la cosecha. Plantas jóvenes son más suculentas y la porción comestible es mayor, pero la cosecha realizada en estado tardío puede dar mayores rendimientos aunque de más baja calidad.

El presente trabajo constituye un aporte en la generación de tecnología, la fertilización sin duda es una práctica muy importante, ya que influye en la calidad y cantidad de producción. Siendo el amaranto una planta de rápido crecimiento, alto potencial de producción y buena composición nutricional, es necesaria la aplicación de fertilizantes en cantidades adecuadas para que el cultivo manifieste su potencial genético y obtener así buenas producciones.

2. HIPOTESIS:

A diferentes niveles de N,P,K. Hay una respuesta diferente en el rendimiento foliar como materia fresca y como materia seca, en Amaranthus hypochondriacus L.

3. OBJETIVOS:

3.1. Generales:

3.1.1. Contribuir a la generación de tecnología en el cultivo de Amaranthus hypochondriacus L.

3.2. Específicos:

3.2.1. Evaluar respuesta del cultivo de Amaranthus hypochondriacus L. A la fertilización con diferentes niveles de N, P, K, sobre rendimiento foliar como materia fresca y seca.

3.2.2. Determinar la combinación de N, P, K, que manifieste mayores rendimientos en la producción foliar de Amaranthus hypochondriacus L.

4. REVISION DE LITERATURA:

La National Academy of Sciences, mencionados por Iturbide, G. y Lorange, F. (6), dice que el género Amaranthus es un grupo difícil en cuanto a su taxonomía. Debido a su semejanza y amplia distribución geográfica hay mucha confusión en su nomenclatura y clasificación. Después de varios estudios se ha llegado a la conclusión que las especies comestibles se reducen a: Amaranthus hypochondriacus, A. caudatus y A. cruentus.

El mismo autor menciona que el amaranto es una planta que tiene las características de ser una de las mejores captadoras de energía lumínica y su alta capacidad de transformación a biomasa.

Vietmeyer, N., recomienda que dentro de las especies de amaranto que merecen mayor atención por parte de los investigadores están:

- Amaranthus cadatus (oriundo de las regiones andinas de Argentina, Perú y Bolivia).
- Amaranthus hypochondriacus (mesetas de México y laderas del Himalaya).
- Amaranthus caudatus (Guatemala).

Además de sus semillas, estas plantas poseen también hojas comestibles, las cuales se consumen después de ser hervidas. Otras dos especies Amaranthus lividus y Amaranthus tricolor, son vegetales comunes en Asia, cultivados y comidos en el mundo occidental bajo los nombres de espinaca malabar.

Martínez A. (7), menciona un rango de adaptabilidad del amaranto desde 100 a 3 500 metros de altitud, con precipitaciones de 600 a 800 milímetros de lluvia, aunque en lugares bastante húmedos puede cultivarse en cualquier época del año. Pero estudios realizados por Peralta I., en Kenia, utilizando un rango de 21 a 1 737 msnm, desarrollándose bien en las diferentes zonas ecológicas (áridas y semiáridas). No recomienda su cultivo en zonas mayores de 3 000 metros.

Sánchez M. (9), menciona que entre los aspectos más importantes del amaranto están los de su buen sabor, sus notables propiedades alimenticias, su consumo actual como semilla y hortaliza en muchas partes del mundo, y su calidad proteínica comparable con la de la soya, levadura y semejantes aún a la carne.

Spillari F. (11), en una evaluación de 5 cultivares de amaranto encontró variabilidades en el contenido de nutrimentos de los materiales, lo cual menciona, pudo estar influenciado por el lugar

de recolección, edad de la planta y posición de las hojas muestreadas con respecto a tallo y raíz. Los datos promedios obtenidos en este estudio fueron los siguientes: Proteína 25.4 g %, hidratos de carbono 46.3 g %, grasa 4.2 g %, fibra cruda 11.7 g %, ceniza 17.3 g %, minerales 2184 mg %, fósforo 633 mg %, y hierro 53.7 mg % (datos expresados en materia seca).

Sánchez M. (9), explica que las diferentes especies de Amarantho han sido empleadas por los sectores de más bajos ingresos económicos con excelentes resultados desde el punto de vista nutricional. Los requerimientos de proteína, carbohidratos, vitaminas y minerales, pueden ser satisfechos con la ingestión en cantidades adecuadas de las harinas y otras partes verdes del amaranto, especialmente si en la dieta se incluyen leguminosas y cárnicos de fácil adquisición que complementan las propiedades alimenticias de este.

Desde el punto de vista agrícola, el Amarantho resulta ser un cultivo importante y recomendable la composición química de sus partes lo colocan como un alimento de alto rango, de acuerdo a la información presentada en el cuadro 1.

Respecto al tallo, Sánchez M. (9) indica que usualmente estos contienen de 2.8 a 5.9 gramos de proteína, más de 350 mg. de Ca., alrededor de 30 mg. de P y 2 mg. de Fe., en 100 gramos de tallo. En los tallos de diferentes especies se han encontrado vitaminas en escasa proporción. Los tallos entonces tienen un alto valor nutritivo y su único inconveniente estaría en la parte no digerible de la fibra cruda.

Alfaro M. (2), en su trabajo de investigación con Amaranthus hypochondriacus L. Encontró que al realizar el corte a los 60 días a partir de la siembra la planta contenía un 55.3 % de carbohidratos, fibra cruda 17 % y 57.1 mg de beta-carotenos.

Atendiendo a las correlaciones hechas por la investigadora en mención a mayor número de días a la cosecha se obtienen menor cantidad de estos nutrimentos.

Cuadro 1. COMPOSICION DE HORTALIZAS CRUDAS (HOJAS) NUTRIENTES SELECCIONADOS EN 100 GRAMOS.

	HUMEDA (%)	PROTEINA (gr.)	CALCIO (mg.)	FOSFORO (mg.)	HIERRO (mg.)	VIT. A (UI)	TIAMINA (mg)	RIVOFILAVINA (mg)	NIACINA (mg)	ACIDO ASCOR- BICO (mg)
Amaranto (A. hypo- chondriacus)	86.9	3.5	267	67	3.9	6100	0.18	0.16	1.4	80
Acelga	91.1	2.4	88	39	3.2	6500	0.06	0.17	0.5	32
Col Rizada	85.3	4.8	250	82	1.5	9300	0.16	0.31	1.7	152
Col Común	87.5	4.2	179	73	2.2	8900	-	-	-	125
Espinaca	90.7	3.2	93	51	3.1	8100	0.10	0.20	0.6	51

FUENTE: Composition of foods, Handbook No. 8, USDA. Tomado de Sánchez M., A Potencialidad agroindustrial del Amaranto.

Sánchez M. (9), indica que las dietas que contienen Amaranto pueden ser de excelentes cantidades de beta-carotenos. Esto puede ser de interés si tomamos en cuenta que una de las características de la desnutrición en poblaciones humanas es precisamente la eficiencia de vitamina A y hierro.

En cuanto a la cosecha, Iturbide, G. y Lorence (6), indican que en una evaluación de 20 materiales de Amaranto, se obtuvieron rendimientos que variaron desde 3 a 17 toneladas por hectárea, habiendo realizado la cosecha durante la floración temprana, por corte de la planta a una altura de 5 cms. arriba del suelo. El mismo investigador indica que los mayores rendimientos fueron obtenidos durante un período de temperatura alta y precipitación moderada.

Estudios efectuados en Guatemala por Beteta, J. D. (3), demuestran que el Amaranto posee una muy buena capacidad de brote a diferentes épocas de corte (30, 40 y 60 días después de la germinación), soprando a la vez diferentes cortes (2-4 dependiendo del intervalo de corte) y con buen carácter de floración posterior a los mismos.

Abidin Z. y Suwahyo, (1), en un trabajo de densidades de siembra y fertilización en Amaranto, obtuvieron la mejor producción a niveles de 140 plantas por parcela de 1 m² y 30 kg de N/ha.

Sánchez Marroquín (9), refiriéndose a las características del Amaranto dice que este determina una alta utilización de nutrimentos, en especial los elementos primarios, nitrógeno, fósforo y potasio, llamados también elementos mayores y los cuales son necesitados en mayor proporción por la planta.

Grubeen, citado por Sánchez (9), menciona que el cultivo del Amaranto posee las siguientes características:

- a. Son cultivos de rápido crecimiento y alto potencial de producción. En climas calientes la cosecha de hojas puede llegar a 30 tn/ha. de materia fresca o 4.5 tn/ha. de materia seca.
- b. Es menos susceptible a las enfermedades del suelo que la mayoría de otros vegetales. Son más fáciles de cultivar ya sea en cultivo hogareño o comercial.
- c. Son adecuados para rotación de cultivos con algún otro cultivo vegetal.
- d. Para compensar el alto grado de minerales que es inherente a una alta producción y una buena composición nutricional, el Amaranto reacciona favorablemente a sales químicas y abonos orgánicos. Ellos se desarrollan bien en tierra fertilizada con desperdicios parcialmente descompuestos.

Iturbide y Lorence (6), reportan la respuesta a la fertilización de nitrógeno y fósforo en el amaranto, y recomiendan efectuar estudios para conocer la técnica del cultivo bajo siembra directa, ya que el estudio reportado por ellos consistió en siembra indirecta.

Sánchez M. (9), hace mención que el Amaranto es un cultivo agotador de suelos por lo que es necesario la fertilización del cultivo y la rotación del mismo.

Hauptli y Jain, mencionados por Sánchez M. (9), dicen que el cultivo crece rápidamente a causa de su metabolismo de fijación de carbono C_4 y responde muy bien a la adición de nitrógeno, lo que sugiere una asimilación eficiente a este elemento.

En uno de los informes de Zarsa, mencionado por Sánchez M. (9), respecto al cultivo dice lo siguiente: "Es una planta que se da

en toda clase de terrenos con tal que estén bien abonados, pero por lo regular cuando mayor aporte de nutrimentos mayor será su rendimiento".

El mismo autor menciona que es un cultivo agotante y, por lo tanto, el rendimiento es cada vez más bajo si se siembra en el mismo suelo, por esta razón debe practicarse la fertilización.

En 1975, Ikenega et. al., mencionados por Sánchez M (9), examinaron el efecto de tres fertilizantes y la cantidad de nitrógeno sobre el crecimiento y el contenido de clorofila de esta especie durante su cultivo, y obtuvieron los siguientes resultados:

- a. Aún cuando se observaron efectos negativos debido a la falta de nitrógeno y fosfato, los efectos causados por el potasio en el fertilizante fueron sumamente leves; y
- b. El crecimiento, el contenido de clorofila y el rendimiento tendieron a aumentar al incrementar el contenido de nitrógeno en el fertilizante.

Teuscher, P.; Adler, A. (12), describen una de las más conocidas conclusiones de Liebig (1803-73), que es la ley del mínimo, según la cual, el rendimiento de un cultivo está limitado por la cantidad del elemento nutritivo presente en menor cantidad. Esto implica, por ejemplo, que cuando el fósforo y el potasio se encuentran en mayor proporción que el nitrógeno, el rendimiento dependerá solamente del nitrógeno aprovechable; la adición de más fósforo y/o potasio, no hará aumentar el rendimiento. Esta conclusión fue aceptada durante mucho tiempo, pero en la actualidad es correcta sólo en parte.

Liebig creía que la adición de elementos nutritivos al suelo podía producir un aumento proporcional en el rendimiento.

Mitscherlich (1 909 a 1 930) y Willcox demostraron que cuando se añaden nutrimentos a un suelo, de modo que las cantidades existentes se dupliquen, tripliquen o cuadruplicen, el rendimiento no aumenta en la misma proporción; por el contrario, el incremento (el incremento en rendimiento) se va haciendo gradualmente más pequeño mientras más cerca se halle del rendimiento máximo. La ley natural que rige este fenómeno y que fue deducida de los hallazgos de Mitscherlich, se ha llamado ley de los incrementos decrecientes.

Esta ley permite determinar hasta dónde es factible aumentar económicamente los rendimientos (para que lleguen lo más cerca posible del rendimiento máximo) mediante aplicaciones adicionales de fertilizante.

5. MATERIALES Y METODOS:

5. 1. Descripción del área experimental:

5. 1.1. Ubicación geográfica:

El área en estudio se ubicó en los campos experimentales de la Facultad de Agronomía, situados en la Ciudad Universitaria al sur de la capital de Guatemala; con coordenadas 14°35'00" de latitud norte y 90°31'00" de longitud oeste.

5. 1.2. Ubicación climática:

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge (3), el área experimental corresponde a la zona ecológica: bosque subtropical seco.

La altitud es de 1 502.32 metros sobre el nivel del mar, la precipitación media anual de 1 048 mm y una temperatura media anual de 18.7°C.

5. 1.3. El área según Simmons (6), pertenece a la serie de suelos, Guatemala, con una textura franco-arcillo-arenosa en los primeros veinticinco centímetros de profundidad. La topografía es plana.

5. 1.4. Características químicas del suelo:

Las propiedades químicas se muestran en el cuadro 1.A. (ver apéndice).

5. 2. Descripción del material vegetal utilizado:

La semilla utilizada de Amaranthus hypochondriacus L. Es identificada como BH México y registrado en las introducciones realizadas por el INCAP con el número 23190, con las siguientes características:

Es una planta herbácea anual de 1.5 a 2.00 metros de altura; tallo ramificado desde la base, marcado con estrías longitudinales; hojas largamente pecioladas y ovaladas, que miden aproximadamente 15 cms. de largo y 10 cms. de ancho; inflorescencias terminales o axilares muy ramificadas, de aproximadamente 50 cms. de largo. El fruto es una cápsula pequeña que se abre transversalmente y contiene una sola semilla blanca, lisa y brillante, ligeramente aplanada.

5. 3. Factores a evaluar:

- 5.3.1. Rendimiento fresco de hojas + tallo en kg/ha.
- 5.3.2. Rendimeinto seco de hojas + tallo en kg/ha.
- 5.3.3. Rendimiento fresco de hojas en kg/ha.
- 5.3.4. Rendimiento seco de hoja en kg/ha.

5. 4. Niveles de fertilización:

Los niveles de fertilización se determinan en base al análisis bromatológico y análisis de suelo, los cuales aparecen en el cuadro 2. A. (ver apéndice).

5. 5. Tratamientos seleccionados:

Los tratamientos seleccionados son provenientes de la matriz experimental PLAN PUEBLA I, para tres factores(13). En esta matriz está involucrado el conocimiento agronómico sobre la relación de respuesta de un cultivo en conjunto, a varios factores limitativos. Estos tratamientos son los que aparecen a continuación en el cuadro 2, a los que se adicionó un tratamiento testigo sin aplicación de fertilizantes al suelo. En la figura 1, aparece la distribución de los tratamientos en forma gráfica.

Cuadro 2. TRATAMIENTOS SELECCIONADOS PROVENIENTES DE LA MATRIZ
PLAN PUEBLA I. PARA FERTILIZAR EL CULTIVO DE AMARAN-
TO.

No.	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha
1	30	15	38
2	30	15	57
3	30	22	38
4	30	22	57
5	45	15	38
6	45	15	57
7	45	22	38
8	45	22	57
9	15	15	38
10	60	22	57
11	30	8	38
12	45	29	57
13	30	15	19
14	45	22	76
T	12.6	7	16.8

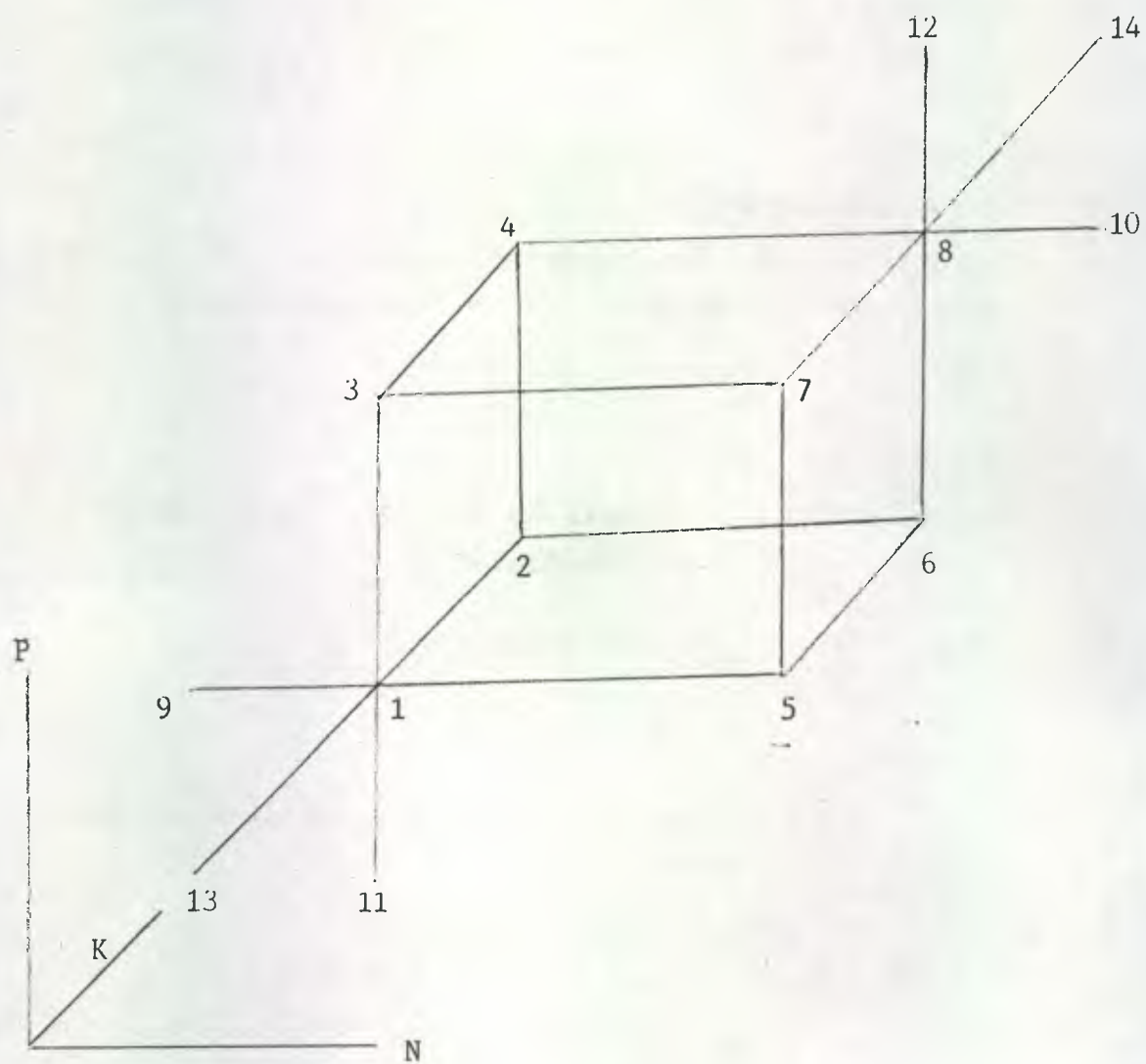


FIGURA 1. DISTRIBUCION GRAFICA DE LOS TRATAMIENTOS RESULTANTES DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA I, PARA TRES FACTORES.

5. 6. Fuentes de fertilización:

Nitrógeno: Urea (46 % N.).

Fósforo: Triple superfosfato (46 % P_2O_5).

Potasio: Muriato de potasio (60 % K_2O)

5. 7. Diseño experimental:

Los tratamientos seleccionados se evaluaron a través de un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones.

5.8. Modelo estadístico:

Para el análisis de varianza del experimento se utilizó el siguiente modelo lineal estadístico:

$$Y_{ij} = U - T_i - B_j - E_{ij}$$

en donde:

Y_{ij} = Variable respuesta de la ij-ésima unidad experimental.

U = Efecto de la media general.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

B_j = Efecto del j-ésimo bloque.

E_{ij} = Error experimental en la ij-ésima unidad experimental.

i = 1.....15 (tratamientos)

j = 1, 2, 3, (bloques).

5.9. Manejo del experimento:

Se seleccionó el terreno distribuyéndose los bloques perpendiculares a una gradiente de drenaje que presentó el terreno y a la rotación para aprovechar en mejor forma la radiación solar, distribuyéndose los tratamientos al azar.

El manejo del experimento se hizo uniformemente en lo siguiente:

5.9.1. Preparación del suelo:

La preparación consistió en un acondicionamiento del suelo por medio de aradura y dos pasadas de rastra en forma cruzada.

5.9.2. Siembra:

La siembra fue por el método directo, aplicando un promedio de 10 semillas por postura, debido a las pequeñas dimensiones de estas. El porcentaje de germinación fue del 92 %, en condiciones normales de temperatura y en ausencia de luz.

5.9.2.1. Distancias de siembra:

- a. Entre surcos fue de 0.70 metros.
- b. Entre plantas fue de 0.30 metros.

Estas fueron establecidas de acuerdo a los hábitos de crecimiento del cultivo.

5.9.3. Fertilización:

Básicamente el experimento tuvo como fin la respuesta que el amaranth presentó a los diferentes niveles de fertilización, y fue por lo tanto importante la conveniente aplicación de la dosis a los distintos tratamientos. Para el efecto se procedió a aplicar el 70 % de la dosis, 10 días después de la siembra, debido a que, la planta necesita los nutrimentos en las primeras etapas de su desarrollo, aplicándose posteriormente el 30 % restante, veinte días después de la primera aplicación, para poder seguir su absorción normal hasta el momento de iniciar la floración.

La aplicación de los fertilizantes se hizo en bandas al pie de las plantas.

5.9.4. Limpias:

El control de malezas se efectuó manualmente con azadones, realizándose las limpiezas cada 15 días, haciendo un total de 3 en todo el ciclo del cultivo.

5.9.5. Control de plagas:

El cultivo mostró ataque masivo de Diabrotica sp. Se efectuaron aplicaciones con insecticidas cuyos nombres técnicos son: Methyl, Parathion y Metamidophos, a razón de 25 cc. por 4 galones de agua, se practicaron 3 aspersiones durante el primer mes de establecido el cultivo. Luego del primer mes no fueron necesarias más aspersiones, pues la incidencia de tortuguilla disminuyó considerablemente a medida que las plantas desarrollaban.

5.9.6. Cosecha:

Se realizó manualmente, cortando las plantas por su tallo a una altura de 5 cms. del suelo, cuando el 50 % de las plantas inició su florecimiento, se cosecharon los surcos centrales de cada tratamiento dejando dos de efecto de borde y medio metro al final de cada surco, se dividieron los tratamientos en 3 submuestras cada uno obteniendo manojos que fueron transportados al laboratorio para la toma respectiva y precisa de datos.

5.10. Tamaño de la unidad experimental:

El área bruta para el experimento fue de 660 metros cuadrados y el área neta para la toma de datos de rendimientos fue de 315 metros cuadrados.

La unidad experimental fue de 14 metros cuadrados, que incluyeron cuatro surcos espaciados entre sí a 0.70 metros y 5 de largo a una densidad de 24 plantas por parcela neta, dejando dos surcos por efecto de borde y medio metro al final de cada surco.

5.11. Toma de datos:

Los datos de rendimiento se tomaron en peso en kg/ha, tratamiento de la forma siguiente:

- 5.11.1. Kg/tratamiento de hoja más tallo fresco.
- 5.11.2. Kg/tratamiento de hojas más tallo como materia seca.
- 5.11.3. Kg/tratamiento de hoja fresca.
- 5.11.4. Kg/tratamiento de hoja como materia seca.

El peso seco fue obtenido en porcentaje respecto al peso fresco, Se determinó posteriormente a la cosecha utilizando horno de vacío de la siguiente forma:

- a. Se pesaron 100 gramos de amaranto fresco en duplicado, utilizando una balanza analítica y colocar las muestras en cápsulas.
- b. Poner cápsulas con muestra en el horno de vacío por 16 horas a 60°C.
- c. Pesar muestra deshidratada (seca).
- d. Efectuar los cálculos de % de materia seca.
$$\frac{\text{peso seco}}{\text{peso fresco}} \times 100$$

5.11.5. Días de emergencia: El cultivo emergió a los 3 días después de la siembra.

5.11.6. Días a floración: El cultivo floreció a los 55 días de la siembra.

5.11.7. Días a la cosecha: Las plantas se cosecharon a los 59 días después de la siembra.

5.12. Análisis de resultados:

5.12.1. Análisis de varianza incluyendo el testigo: Este se hizo para demostrar significancia entre los tratamientos.

- 5.12.3. Análisis gráfico-estadístico*, de acuerdo al factorial 2^n (los tratamientos del cubo) y las prolongaciones.
- 5.12.4. Relación costo de insumo/precio del producto.
- 5.12.5. Cálculo de ingreso neto.
- 5.12.6. Cálculo de costo variable.
- 5.12.7. Triángulo de relación insumo producto.
- 5.12.8. Análisis de incremento en rendimiento.
- 5.12.9. Análisis de incremento de ingreso neto.
- 5.12.10. Análisis de tasa de retorno a capital.

Los resultados de rendimientos obtenidos para las diferentes variables en estudio aparecen en el cuadro 3.

* METODO ORIGINAL MODIFICADO POR TURRENT.

CUADRO 3. RENDIMIENTO PROMEDIO FOLIAR DE AMARANTO EXPRESADO EN kg/ha.

TRAT. #	N	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O	METROS H	HOJA Y TALLO FRESCO	HOJA Y TALLO SECO	HOJA FRESCA	HOJA SECA
1	30	15	38	0.75	13784.50	1956.71	4925.08	695.16
2	30	15	57	0.65	7996.20	1138.85	4354.82	621.25
3	30	22	38	0.69	11532.30	1664.95	4779.22	695.79
4	30	22	57	0.67	8563.40	1189.12	4359.33	625.06
5	45	15	38	0.45	7395.58	1059.91	3429.70	488.06
6	45	15	57	0.79	18128.50	2597.90	7015.68	1000.52
8	45	22	57	0.87	20647.60	1944.47	8450.76	1206.01
9	15	15	38	0.42	6005.83	858.17	2697.35	383.23
10	60	22	57	0.81	17697.70	2541.55	7978.17	1131.88
11	30	8	38	0.75	16252.50	2314.19	5872.30	835.75
12	45	29	57	0.91	22440.80	3223.36	8542.22	1231.89
13	30	15	19	0.81	17469.30	2516.03	7138.50	1023.22
14	45	22	76	0.83	17906.70	2570.88	7991.32	1143.64
T	12.6	7	16.8	0.49	7250.15	1045.76	2748.03	392.50

T = TESTIGO

H = ALTURA DE LA PLANTA EN METROS.

En el cuadro 3, se muestra el valor de los rendimientos promedios de hojas, y tallos del amaranto expresado en kg/ha. Se observa que el rendimiento mayor corresponde al tratamiento 12, con niveles de 45 kg/ha. de N., 29 kg/ha de P₂O₅, y 57 kg/ha de K₂O.

Se observa la gran diferencia que existe entre el testigo y la combinación que dio el mayor rendimiento aumentando su potencial productivo hasta 22 440.80 kg/ha.

Se puede observar que el amaranto es una planta que tiende a aumentar los rendimientos hasta maximizarlos con una adecuada combinación de nutrientes, y nos muestra la capacidad genética del cultivo, de sintetizar materia orgánica de aprovechar en una forma intensiva los fertilizantes, convirtiéndolos en un cultivo con buenas perspectivas de ser involucrado en el proceso tecnológico de producción como fuente de alimento básico.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación aparecen los resultados obtenidos para las diferentes variables estudiadas en la investigación del cultivo de amaranto sometido a diferentes niveles de fertilización.

6.1. En el cuadro 4, aparece el análisis de varianza para los primeros 8 tratamientos, estos conforman el cubo del factorial 2^n para la variable hoja mas tallo como materia fresca.

CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE HOJA MAS TALLO COMO MATERIA FRESCA DEL CULTIVO DE AMARANTO.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	SIGNIFICANCIA
Bloques	2	29.019	14.51	5.39	0.0183
Tratamientos	7	491.027	70.15	26.07	0.0001 *
Error	14	37.666	2.69		
Total	23	557.712			

C.V. = 12.88 %

6.2. Cuadro 5, en este cuadro se identifica el análisis de varianza para los tratamientos que conforman el cubo del factorial para la variable hoja mas tallo como materia seca.

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE HOJA MAS TALLO COMO MATERIA SECA DEL CULTIVO DE AMARANTO.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	SIGNIFICANCIA
Bloques	2	0.582	0.291	5.11	0.0216
Tratamientos	7	10.085	1.441	25.88	0.0001 *
Error	14	0.798	0.057		
Total	23	11.465			

C.V. = 13.171 %

6.3. Cuadro 6, en este cuadro aparece el análisis de varianza para los tratamientos que conforman el cubo del factorial 2^n variable hoja fresca

CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE HOJA FRESCA DE AMARANTO

F.V.	G.L.	S.C	C.M.	Fc	SIGNIFICANCIA
Bloques	2	6.405	3.202	3.59	0.0550
Tratamientos	7	55.779	7.971	8.95	0.0003*
Error	14	12.473	0.891		
Total	23	70.677			

C.V. = 17.805 %

6.4. Cuadro 7, en este cuadro se identifica el resultado del análisis de varianza para los 8 primeros tratamientos que conforman el cubo del factorial 2^n para la variable hoja seca del cultivo de amaranto.

CUADRO 7. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE HOJA SECA DE AMARANTO.

F. V.	GL.	S.C.	C.M.	Fc.	SIGNIFICANCIA
Bloques	2	0.141	0.071	4.13	0.0390
Tratamientos	7	1.126	0.161	9.39	0.0002*
Error	14	0.240	0.017		
Total	23	1.507			

C. V. 17.304 %

6.5. Análisis de varianza tratamientos 1 - 15. ($2^n + 2n + t$). para la variable hoja mas tallo como materia fresca del amaranto, en el cuadro 8.

CUADRO 8. ANVA VARIABLE H + TF (HOJA MAS TALLO FRESCOS). DE AMARANTO

```

*****
F.V.          G.L.      S.C.      C.M.      Fc          Ft 0.01
*****
Bloques       2          46.015   23.007
Tratamientos 14         1208.280 86.306   45.66       2.80 *
Error         28         52.930   1.89
Total         44         1307.224
*****
    
```

* SIGNIFICATIVO AL 1 % DE SIGNIFICANCIA.

C.V. = 9.97 %.

6.6. Cuadro 9, en este cuadro aparece el resultado del análisis de varianza de los tratamientos 1-15 de la variable hoja mas tallo secos.

CUADRO 9.. ANVA VARIABLE H + TS (HOJA MAS TALLO SECOS). DE AMARANTO

```

*****
F.V.          G.L.      S.C.      C.M.      Fc          Ft 0.01
*****
Bloques       2          0.983    0.4915
Tratamientos 14         25.01    1.786    46.031     2.80 *
Error         28         1.07     0.0388
Total         44         27.08
*****
    
```

* SIGNIFICATIVO AL 1 % DE SIGNIFICANCIA.

C.V. = 10 %

- 6.7. Cuadro 10; en este cuadro están los resultados del análisis de varianza de los tratamientos 1-15 para la variable hoja fresca de amaranto.

CUADRO 10. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE HOJA FRESCA DE AMARANTO

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft 0.01
Bloques	2	8.173	4.086		
Tratamientos	14	167.577	11.970	18.22	2.80 *
Error	28	18.408	0.657		
Total	44	194.158			

 * SIGNIFICATIVO AL 1 % DE SIGNIFICANCIA.
 C.V. = 14.35

- 6.8. Cuadro 11, en este se identifica el resultado del análisis de varianza de los tratamientos 1-15 para la variable hoja seca de amaranto.

CUADRO 11. ANVA VARIABLE HS (HOJA SECA). DE AMARANTO

F.V.	GL.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft. 0.01
Bloques	2	0.1438	0.072		
Tratamientos	14	3.5714	0.255	17.703	2.80 *
Error	28	0.4034	0.014		
Total	44	4.1186			

 * SIGNIFICATIVO AL 1 % DE SIGNIFICANCIA
 C.V. = 14.78 %.

6.9. Análisis de varianza tratamientos 1 - 14. ($2^n + 2n$). para la variable hoja mas tallo como materia fresca de amaranto, en el cuadro 12.

CUADRO 12. ANVA VARIABLE H + TF (HOJA MAS TALLO FRESCOS). DE AMARANTO

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft 0.01
Bloques	2	38.19	19.095		
Tratamientos	13	1070.84	82.372	43.32	2.90 *
Error	26	49.43	1.901		
Total	41	1158.46			

* SIGNIFICATIVO AL 1 % DE SIGNIFICANCIA.

C.V. = 9.67 %.

6.10. Análisis de varianza tratamientos 1-14, para la variable hoja mas tallo como materia seca de amaranto en el cuadro 13.

CUADRO 13. ANVA VARIABLE H + TS (HOJA MAS TALLO SECOS). DE AMARANTO

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft 0.01
Bloques	2	0.81	0.405		
Tratamientos	13	22.24	1.711	43.73	2.90 *
Error	26	18.34	0.705		
Total	41	41.39			

* SIGNIFICATIVO AL 1% DE SIGNIFICANCIA.

C.V. = 9.71 %.

- 6.11. Cuadro 14, en este cuadro aparece el resultado del análisis de varianza para los tratamientos 1-14 para la variable hoja fresca de amaranto.

CUADRO 14. ANVA VARIABLE HF (HOJA FRESCA). DE AMARANTO

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft 0.01
Bloques	2	7.39	3.694		
Tratamientos	13	140.42	10.802	15.32	2.90
Error	26	18.34	0.705		
Total	41	166.15			

* SIGNIFICATIVO AL 1 % DE SIGNIFICANCIA.

C.V. = 14.33 %

- 6.12. Cuadro 15, en este cuadro se identifica el resultado del análisis de varianza para los tratamientos 1-14 en la variable hoja como materia seca de amaranto.

CUADRO 15. ANVA VARIABLE HS (HOJA SECA). DE AMARANTO

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft. 0.01
Bloques	2	0.13	0.064		
Tratamientos	13	3.00	0.231	14.97	2.90
Error	26	0.40	0.015		
Total	41	3.53			

* SIGNIFICATIVO AL 1 % DE SIGNIFICANCIA.

C.V. = 14.74 %.

6.13. Interpretación del análisis de Yates para los cuadros 16,17,18 y 19:

Interpretación de los cuadros con el análisis de acuerdo a la técnica de Yates citado por Turrent y Laird(13) . Las letras minúsculas en la columna Código de Yates indican lo siguiente: 1. Que todos los factores están al nivel más bajo; a; que el nivel de K se encuentra en su nivel más alto; b. El fósforo se encuentra en el nivel más alto; ab. El fósforo y el potasio se encuentran en el nivel más alto y el nitrógeno a su nivel más bajo y así sucesivamente para las otras codificaciones.

El número de columnas a partir de totales, será igual al número de factores en estudio que en este ejemplo es un 2^n en donde n-número de factores o tres en total (N, P, K,) y por lo tanto el número de columnas deben ser tres.

La tercera columna determina los efectos factoriales totales y la columna de efectos factoriales medios (EFM) se obtiene usando como divisor 2^n para 1 y 2^{n-1} para el resto, donde r = repeticiones.

La significancia de los efectos factoriales medios se obtiene usando como comparador el efecto mínimo significativo (EMS) de acuerdo a la fórmula:

$$EMS = t_{\alpha} (gle) \sqrt{\frac{S^2}{2^{n-2}_r}}$$

En donde $t_{\alpha} (gle)$ = t de student con los grados de libertad del error experimental determinado en el ANVA de los 8 tratamientos que dan lugar al cubo.

α = Probabilidad de cometer error tipo I y que se fijó en 5 %.

S^2 = Cuadrado medio del error del ANVA de los 8 tratamientos que dan lugar al cubo.

2^{n-2} = Dos niveles elevados al número de factores menos 2.

r = Número de repeticiones.

Lo que se trata de establecer es la significancia o no significancia, y para ello se toma la siguiente regla de decisión:

$E_{FM} > E_{MS}$ hay significancia.

$E_{FM} \leq E_{MS}$ no significativo.

De acuerdo a la regla de decisión, en la variable de H + TF + TS los valores de EFM de potasio, fósforo, nitrógeno, potasio por nitrógeno, fósforo por nitrógeno y la interacción de potasio por fósforo por nitrógeno son mayores y por lo tanto significativos; el restante potasio por fósforo es estadísticamente no significativo al nivel establecido, cuadros 16 y 17.

Se procede a graficar los efectos de los niveles de fertilización sobre el rendimiento, posteriormente se procedió a determinar el I.N. de los niveles en estudio.

Para las variables HF y HS, las interacciones para el potasio más fósforo y potasio, fósforo más nitrógeno resultaron no significativos. Para los demás factores fue significativo, cuadros 18 y 19.

6.14. Técnica de Yates para el análisis del factorial 2^n (los tratamientos que forman el cubo).

Cuadro 16 Análisis para la variable hoja mas tallo en fresco de el cultivo de Amaranto.

No. Trat.	Tratamientos			Código Yates	Rend. Totales H+TF Tn/ha	1	2	3	Efecto Factorial Medio	Efecto Mínimo Signific.	Signific. 0.05
	Niveles de A	Niveles de B	Niveles de C								
1	30	15	38	l	41.2	65.19	125.45	305.5	12.72916		M
2	30	15	57	a	23.99	60.26	180.05	26.5	2.208333	0.481102	*
3	30	22	38	b	34.57	76.77	-26.09	21.58	1.798333	0.481102	*
4	30	22	57	ab	25.69	103.28	52.59	-3.06	-0.255	0.481102	ns
5	45	15	38	c	22.39	-17.21	-4.93	54.6	4.55	0.481102	*
6	45	15	57	ac	54.38	-8.88	26.51	78.68	6.556666	0.481102	*
7	45	22	38	bc	41.34	31.99	8.33	31.44	2.62	0.481102	*
8	45	22	57	abc	61.94	20.6	-11.39	-19.72	-1.64333	0.481102	*

Cuadro 17 Análisis para la variable hoja mas tallo en seco de el cultivo de amaranto.

No. Trat.	Tratamientos			Código Yates	Rend. Totales H+TS Tn/ha	1	2	3	Efecto Factorial Medio	Efecto Mínimo Signific.	Signific.
	Niveles de A	Niveles de B	Niveles de C								
1	30	15	38	l	5.87	9.29	17.85	43.5	1.8125		M
2	30	15	57	a	3.42	8.56	25.65	3.72	0.31	0.172	*
3	30	22	38	b	4.99	10.97	-3.87	2.98	0.248333	0.172	*
4	30	22	57	ab	3.57	14.68	7.59	-0.6	-0.05	0.172	ns
5	45	15	38	c	3.18	-2.45	-0.73	7.8	0.65	0.172	*
6	45	15	57	ac	7.79	-1.42	3.71	11.46	0.955	0.172	*
7	45	22	38	bc	5.85	4.61	1.03	4.44	0.37	0.172	*
8	45	22	57	abc	8.83	2.98	-1.63	-2.66	-0.22166	0.172	*

Cuadro 18 Análisis para la variable hoja en fresco de el cultivo de amaranto

No. Trat.	Tratamientos			Código Yates	Rend. Totales HF Tn/ha	1	2	3	Efecto Factorial Medio	Efecto Mínimo Signific.	Signific.
	Niveles de A	Niveles de B	Niveles de C								
1	30	15	38	l	14.77	27.83	55.25	127.23	5.30125		M
2	30	15	57	a	13.06	27.42	71.98	17.85	1.4975	0.678	*
3	30	22	38	b	14.34	31.34	-2.97	8.89	0.740833	0.678	*
4	30	22	57	ab	13.08	40.64	20.82	-0.25	-0.02083	0.678	ns
5	45	15	38	c	10.29	-1.71	-0.41	16.73	1.394166	0.678	*
6	45	15	57	ac	21.05	-1.26	9.3	23.79	1.9825	0.678	*
7	45	22	38	bc	15.29	10.76	0.45	9.71	0.809166	0.678	*
8	45	22	57	abc	25.35	10.06	-0.7	-1.15	-0.09583	0.678	ns

Cuadro 19 Análisis para la variable hoja seca del amaranto.

No. Trat.	Tratamientos			Código Yates	Rend. Totales HS Tn/ha	1	2	3	Efecto Factorial Medio	Efecto Mínimo Signific.	Signific.
	Niveles de A	Niveles de B	Niveles de C								
1	30	15	38	l	2.09	3.96	7.92	18.16	0.756666		M
2	30	15	57	a	1.87	3.96	10.24	2.54	0.211666	0.094	*
3	30	22	38	b	2.09	4.46	-0.44	1.32	0.11	0.094	*
4	30	22	57	ab	1.87	5.78	2.98	-0.1	-0.00833	0.094	ns
5	45	15	38	c	1.46	-0.22	0	2.32	0.193333	0.094	*
6	45	15	57	ac	3	-0.22	1.32	3.42	0.285	0.094	*
7	45	22	38	bc	2.17	1.54	0	1.32	0.11	0.094	*
8	45	22	57	abc	3.61	1.44	-0.1	-0.1	-0.00833	0.094	ns

6.15. Curvas de respuesta a la fertilización del cultivo de amaranto para las diferentes variables en estudio.

En las figuras 2,5,8 y 11 se aprecia que en la curva N-22-57, existe un mayor rendimiento de amaranto con la presencia de 45 kg/ha. de nitrógeno y al aumentar el nivel de este el rendimiento tiende a decrecer. En la curva N-15-57 el rendimiento del cultivo aumenta proporcionalmente a la cantidad de nitrógeno administrado al cultivo. La curva N-22-38 determina la misma situación que la anterior. Con respecto a la curva N-15-38 el rendimiento de amaranto tiende a decrecer al aumentar la cantidad de nitrógeno a mas de 30 kg/ha.

En las figuras 3,6,9 y 12 se puede apreciar que en la curva 45-P-57 el mayor rendimiento de amaranto se obtiene con 29 kg/ha. de fósforo y la curva 30-P-38 determina una baja en el rendimiento del cultivo a medida que se incrementa el fósforo.

En las figuras 4,7,10 y 13 se observa que la curva 45-22-K determina un mayor rendimiento de amaranto al estar presente el potasio en 57 kg/ha. La curva 45-15-K determina un proporcional incremento del rendimiento del cultivo al incrementar el potasio. En la curva 30-15-K se puede apreciar que el rendimiento de amaranto tiende a disminuir cuando los niveles de potasio se incrementan.

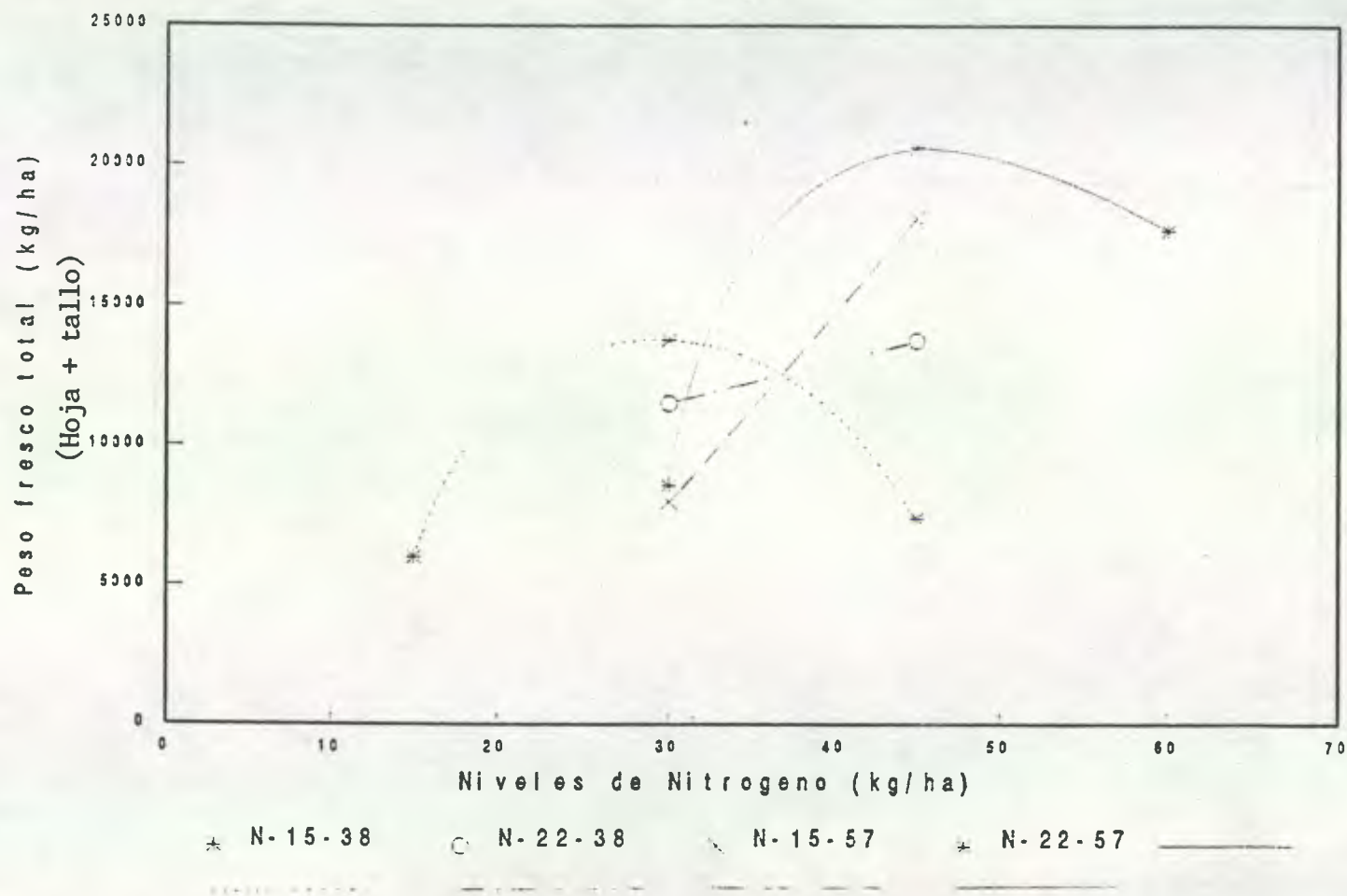


Figura 2. Respuesta del cultivo de Amaranthus sp. a varios niveles de Nitrogeno.

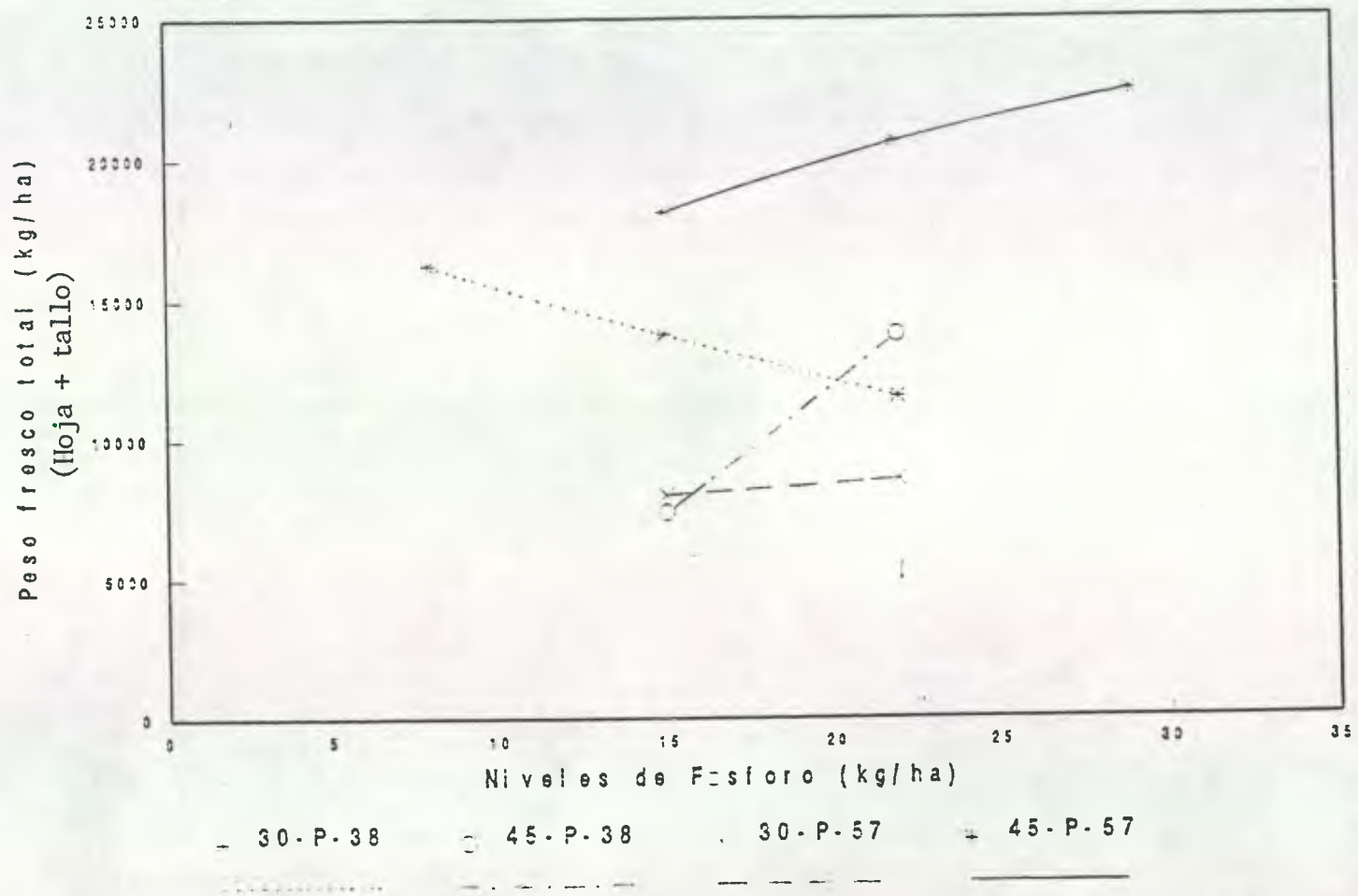


Figura 3. Respuesta del cultivo de Amaranthus sp. a varios niveles de Fósforo.

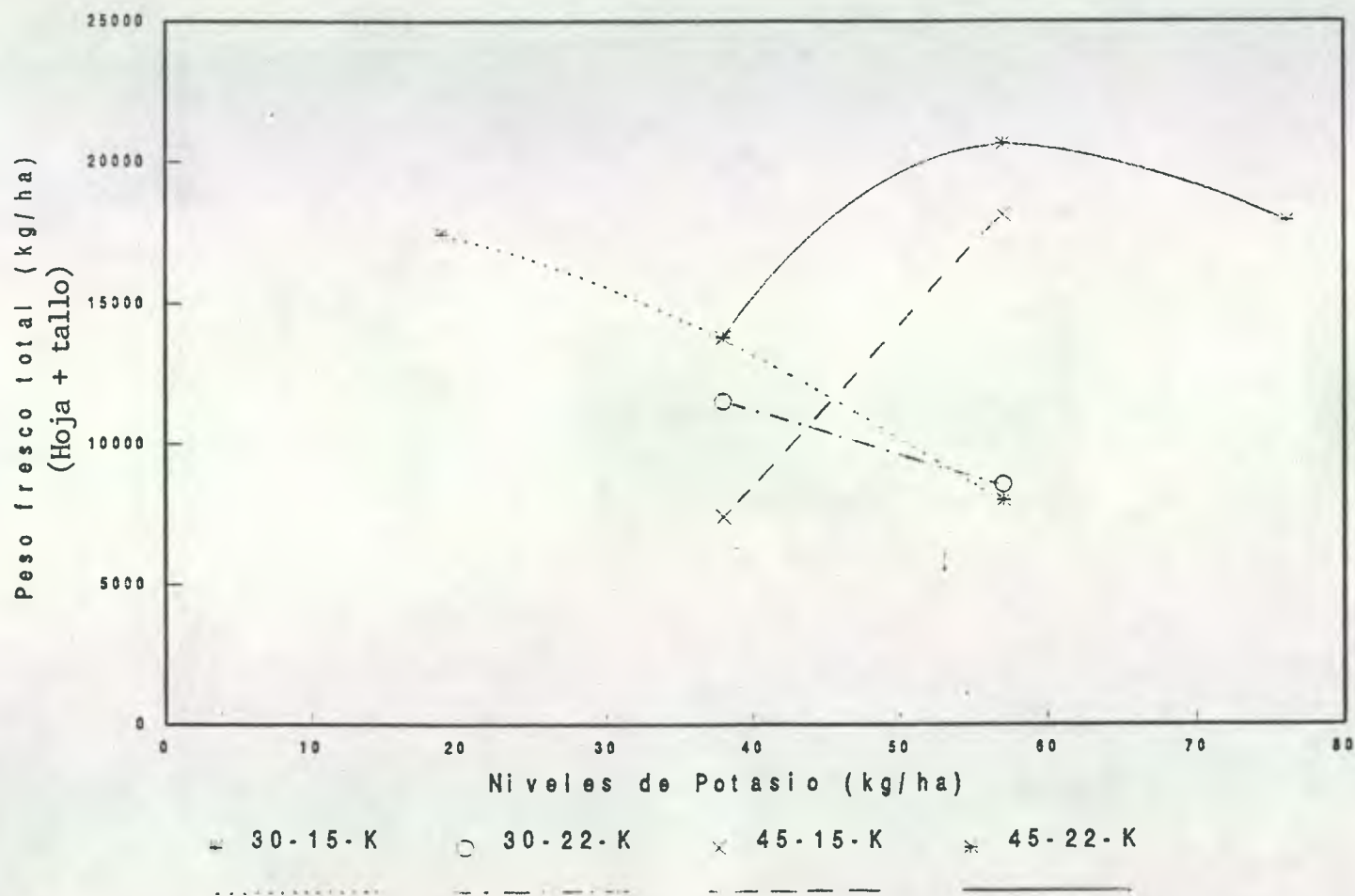


Figura 4. Respuesta del cultivo de Amaranthus sp. a varios niveles de Potasio.

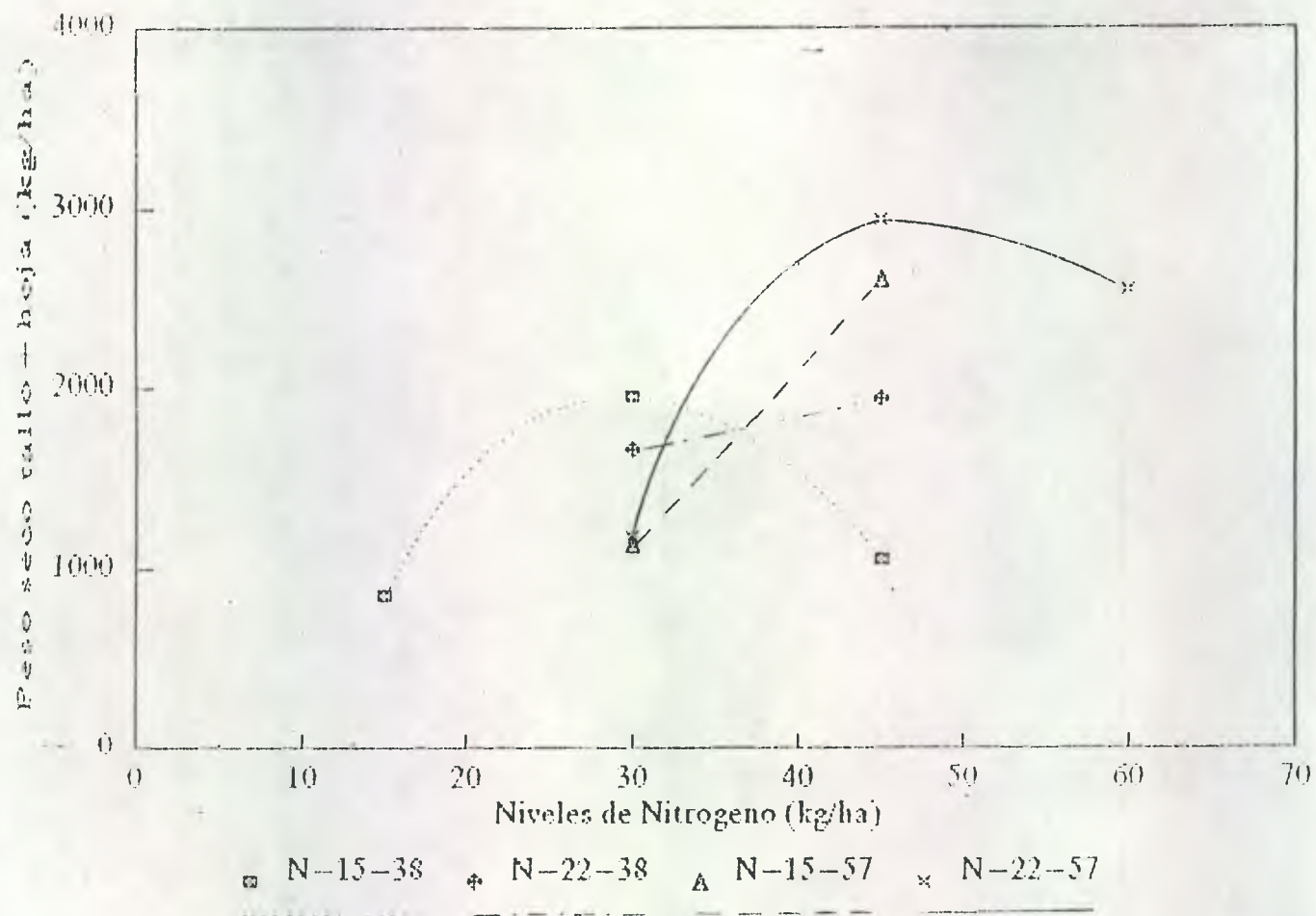


Figura 5. Respuesta del cultivo Amaranthus sp. A varios niveles de nitrógeno.

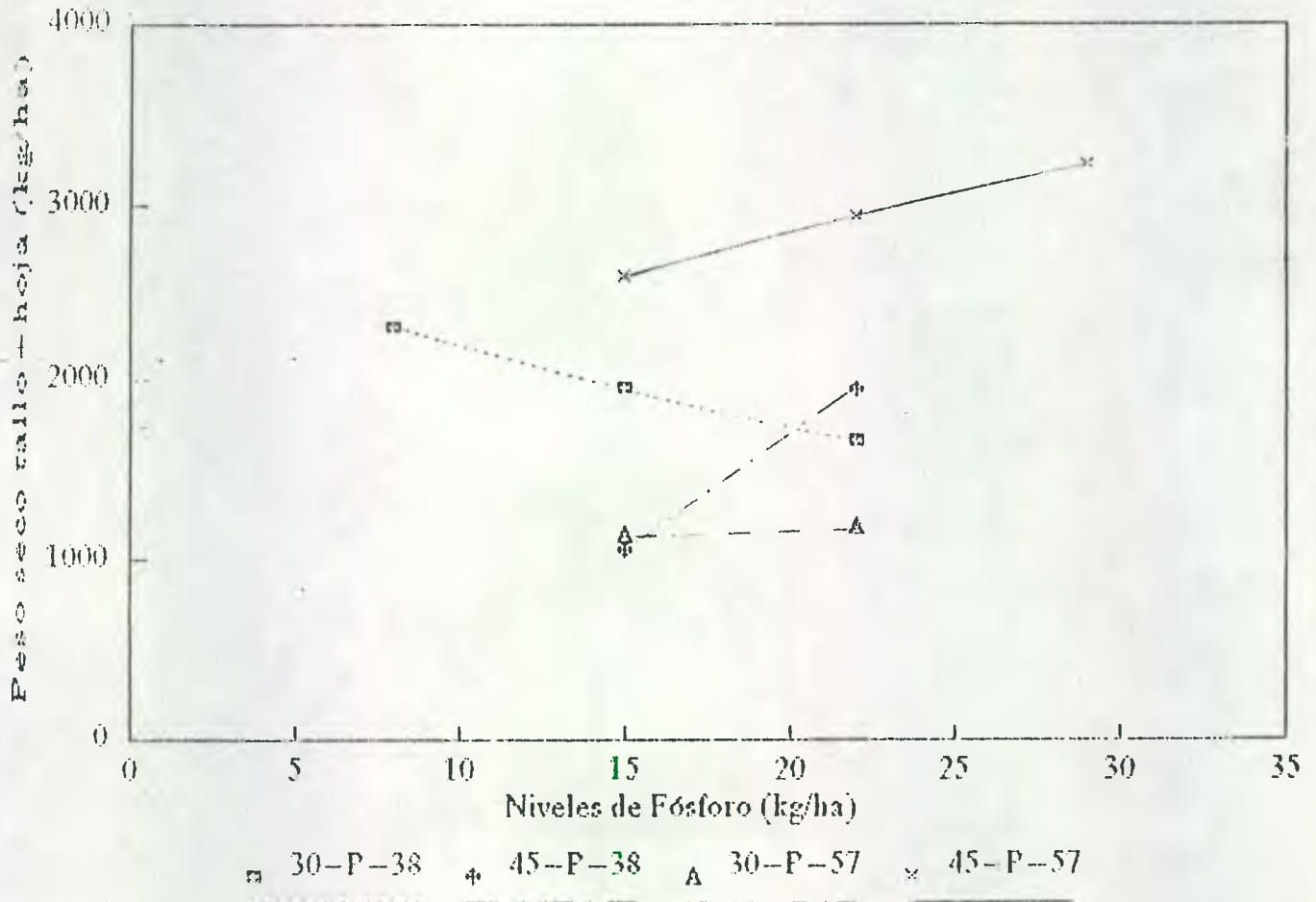


Figura 6. Respuesta del cultivo de Amaranthus sp. a varios niveles de fósforo.

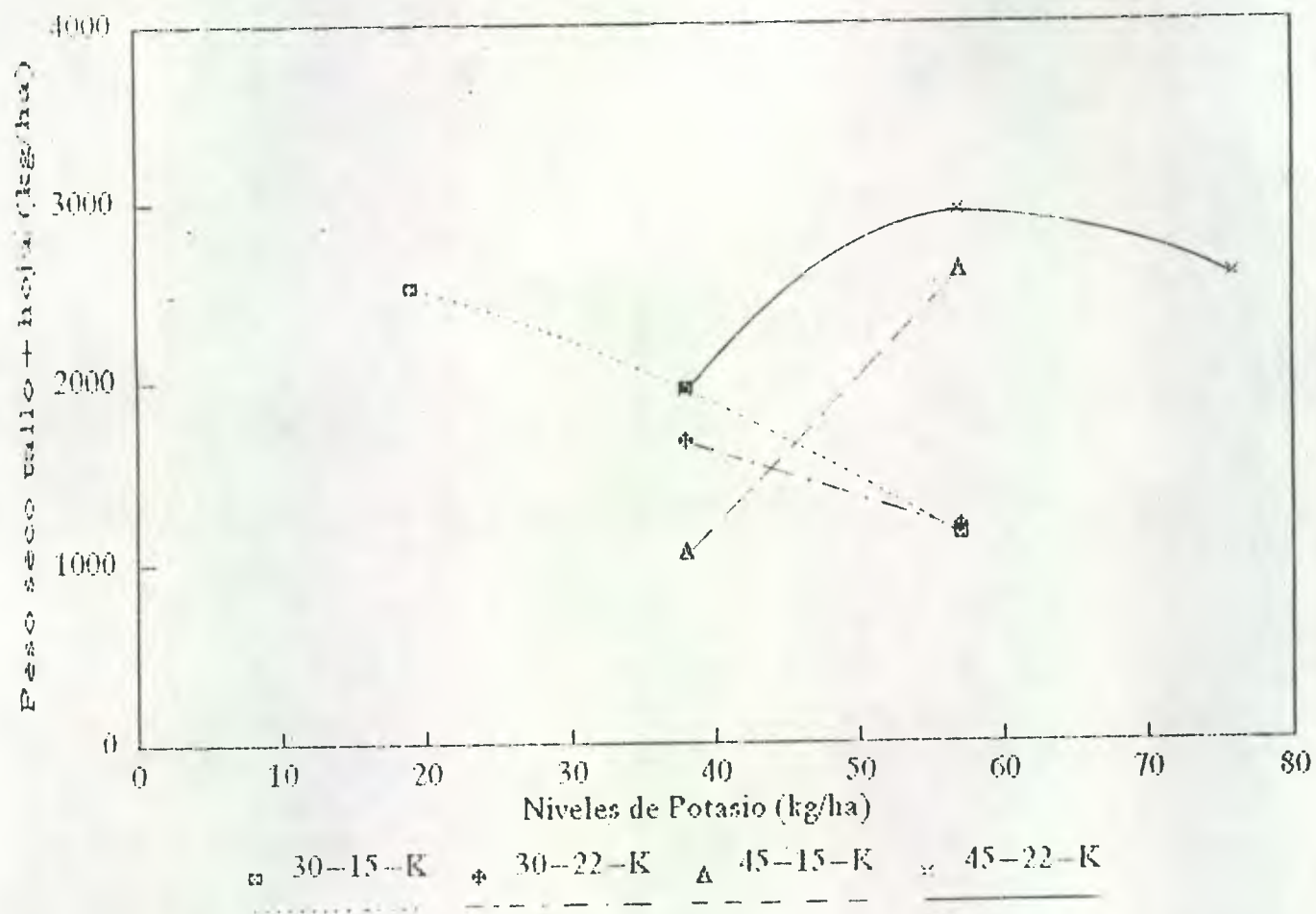


Figura 7. Respuesta del cultivo de Amaranthus sp. a varios niveles de potasio.

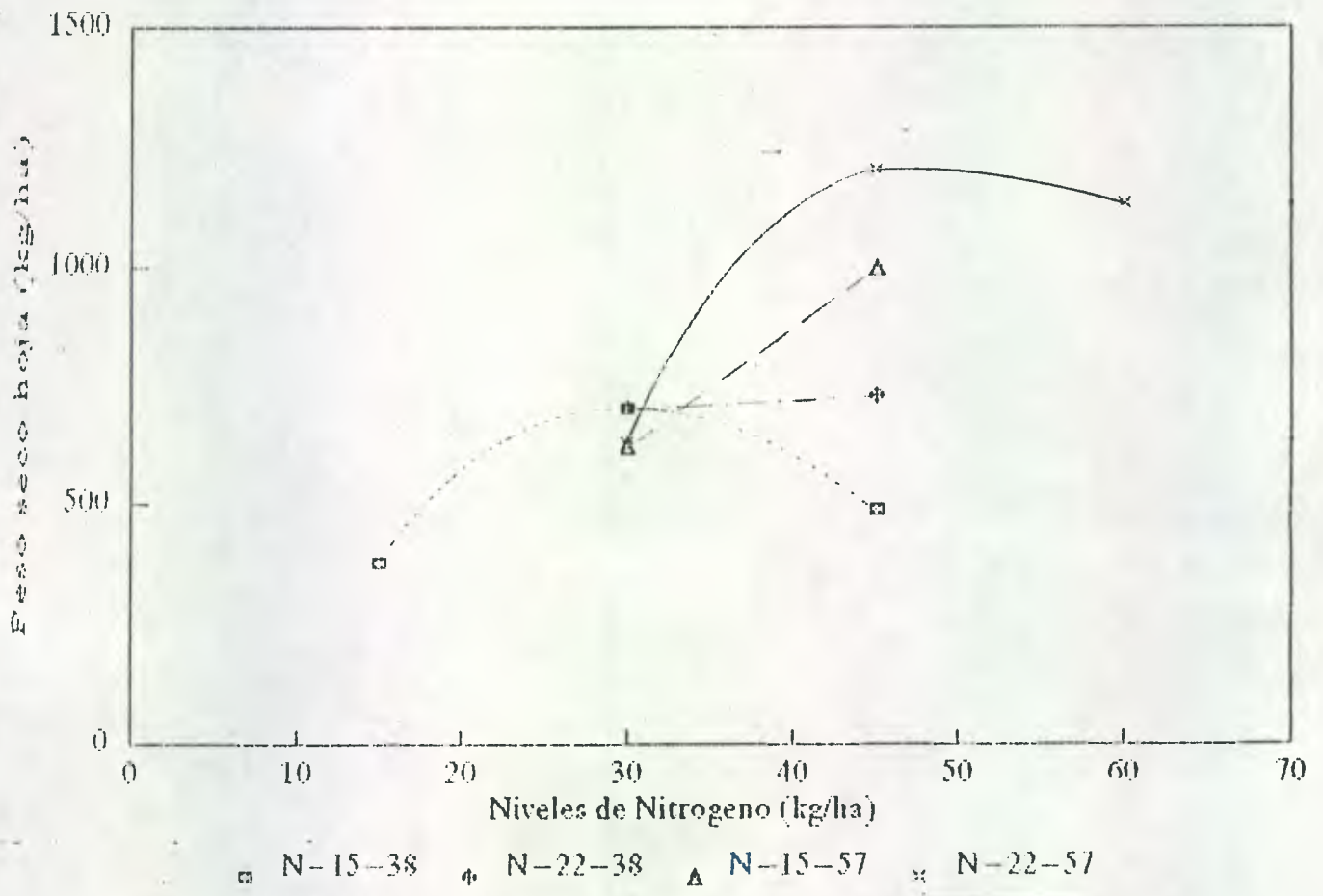


Figura 8. Respuesta del cultivo de Amaranthus sp. a varios niveles de nitrógeno.

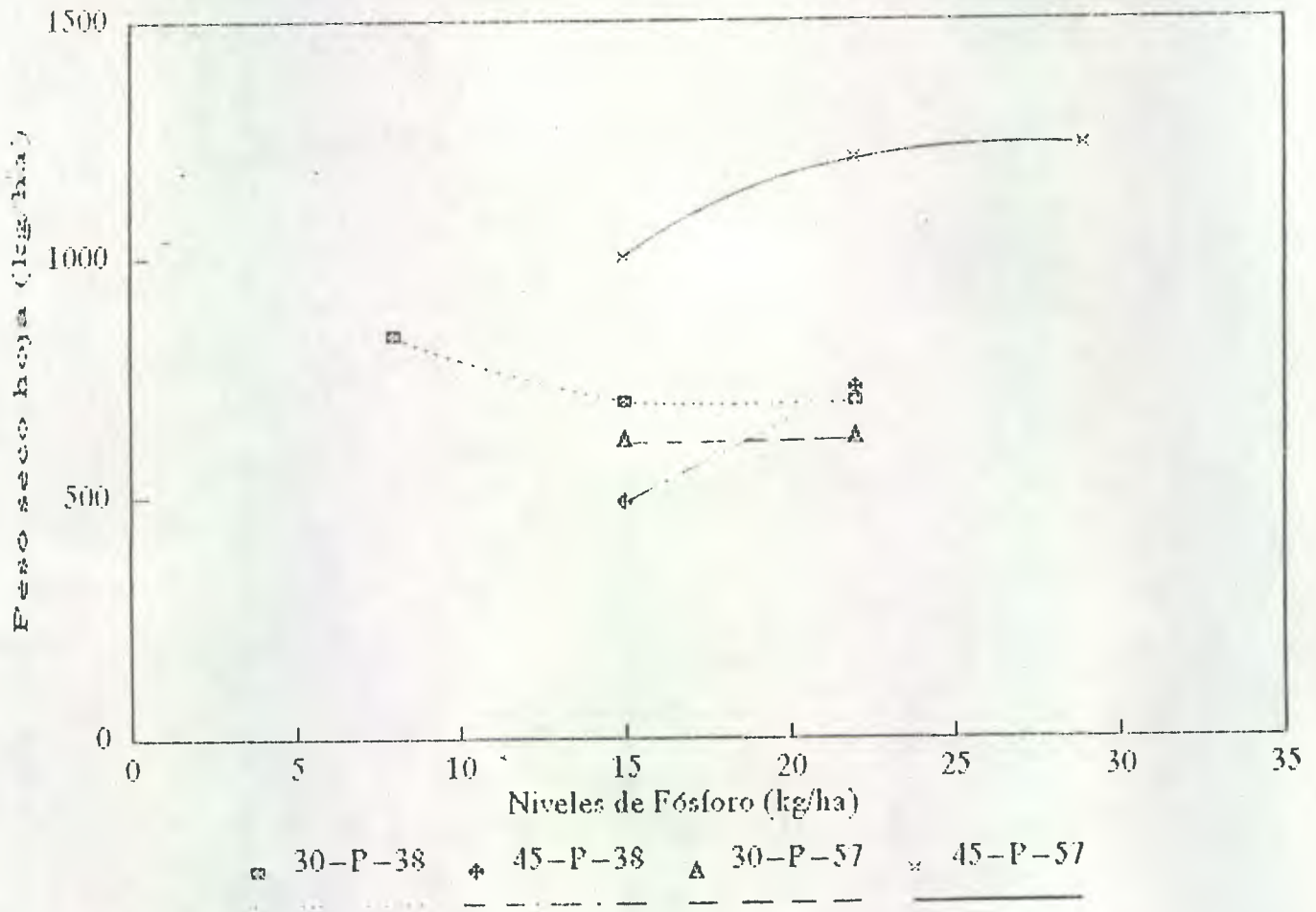


Figura 9. Respuesta del cultivo de Amaranthus sp. a varios niveles de fósforo.

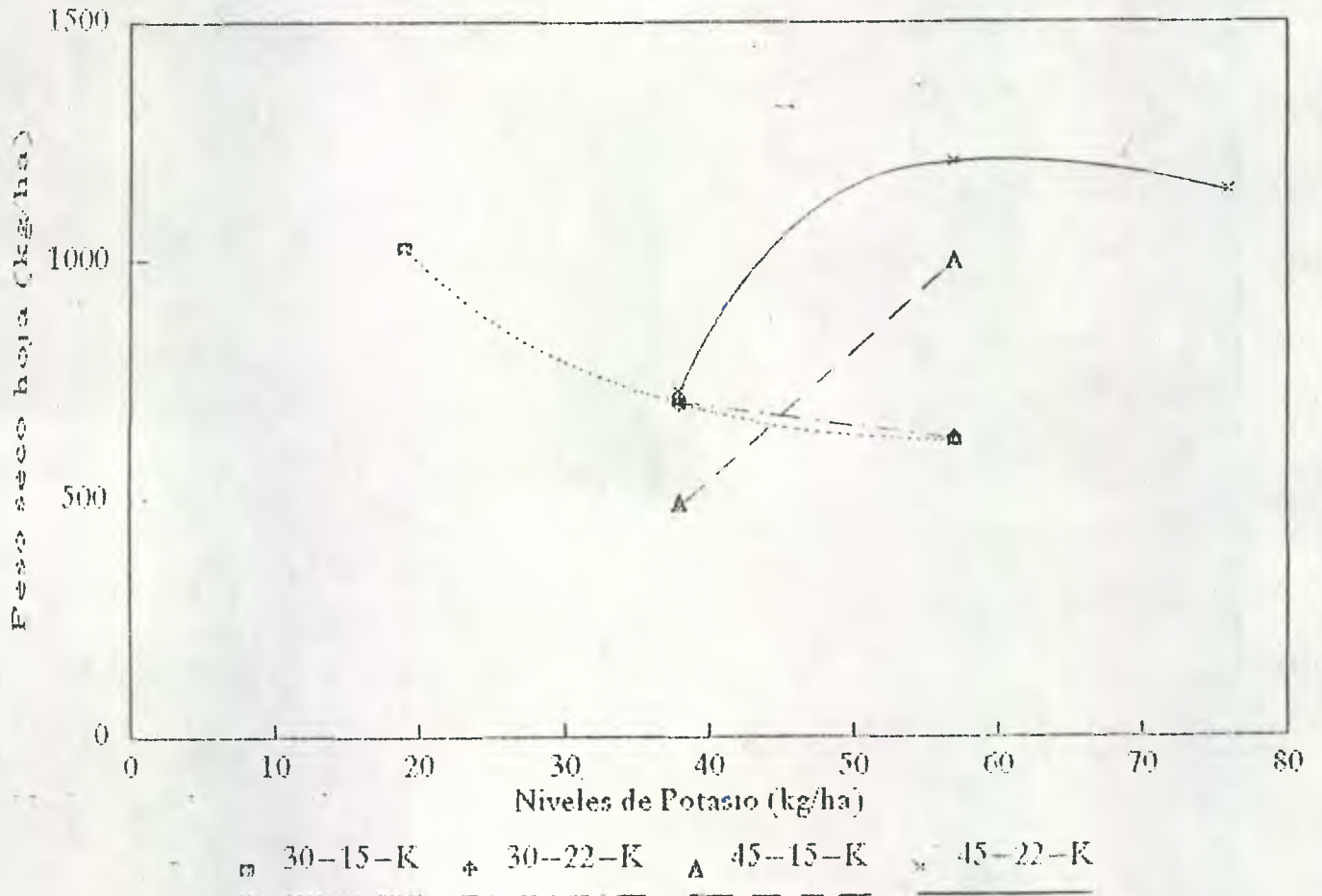


Figura 10. Respuesta del cultivo de Amaranthus sp. a varios niveles de potasio.

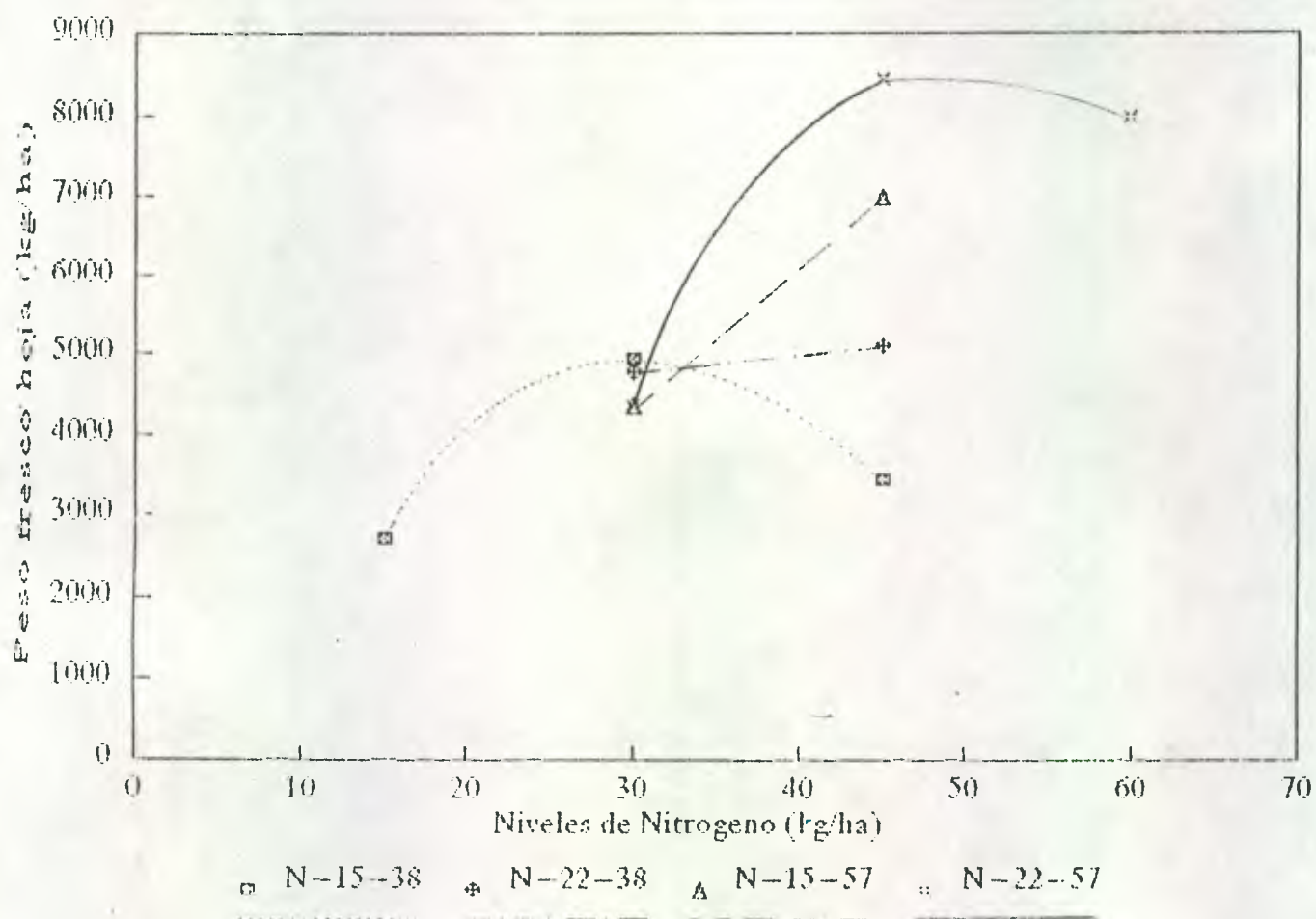


Figura 11. Respuesta del cultivo de Amaranthus sp. a varios niveles de nitrógeno.

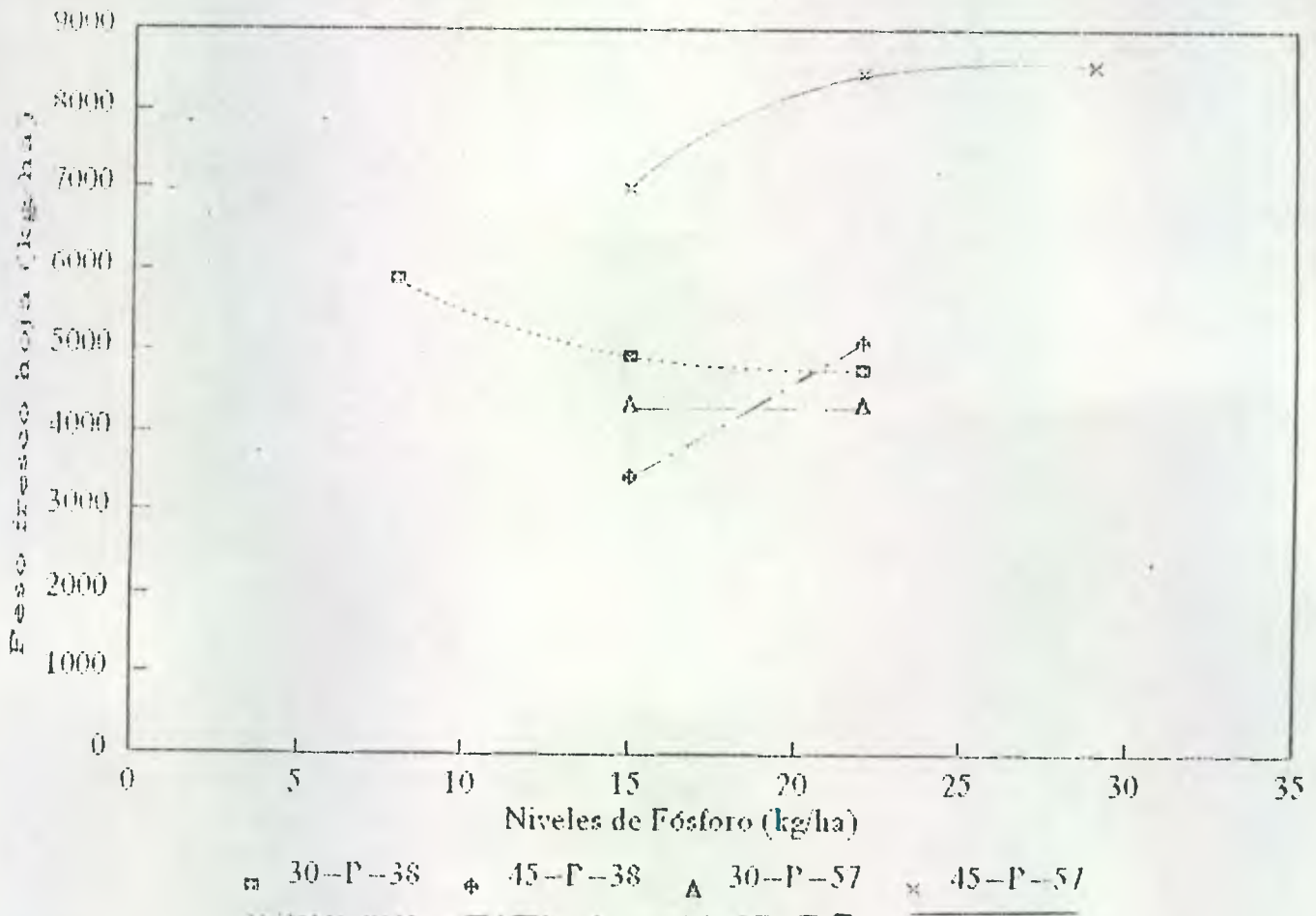


Figura 12. Respuesta del cultivo de *Amaranthus* sp. a varios niveles de fósforo.

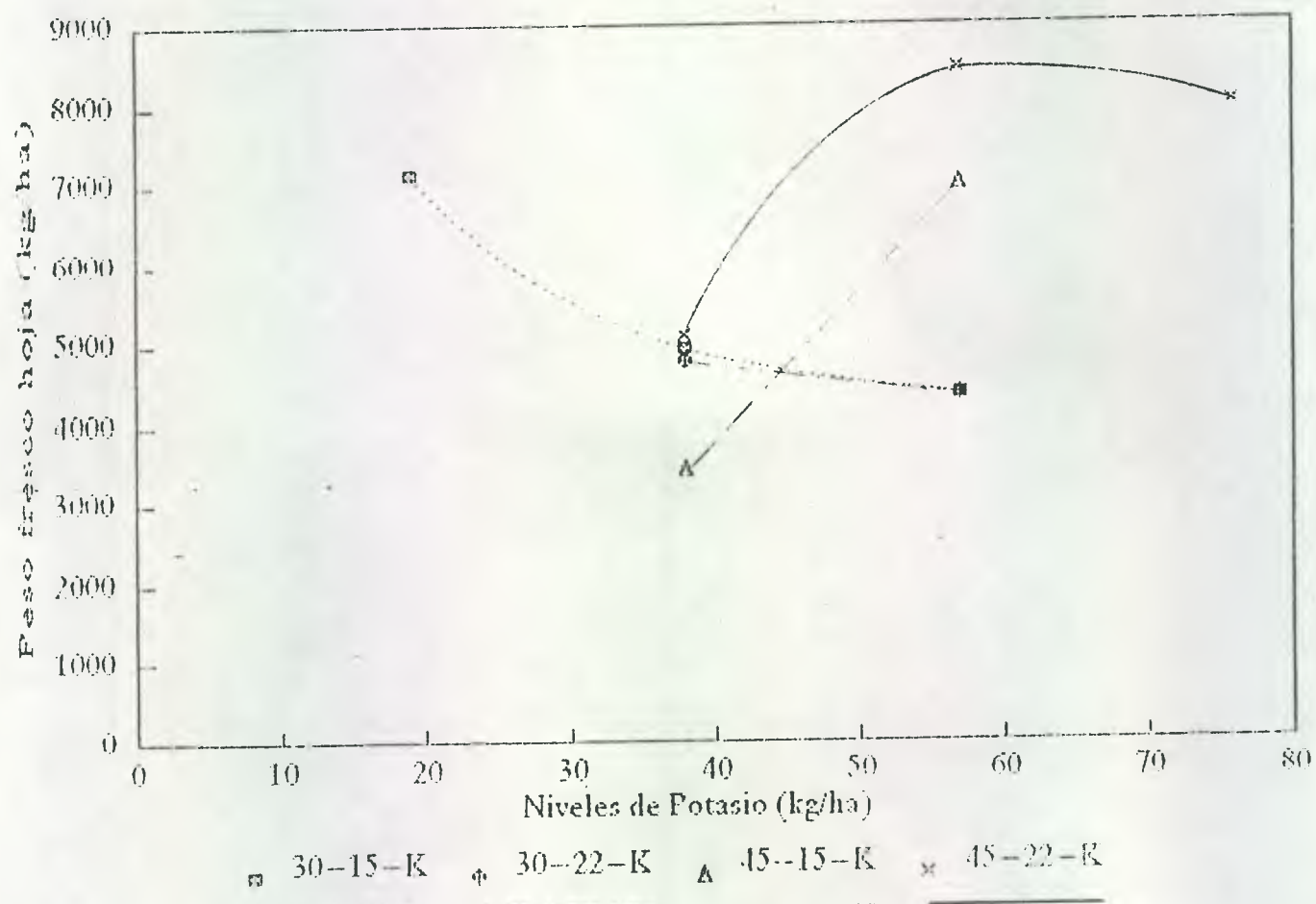


Figura 13. Respuesta del cultivo de Amaranthus sp. a varios niveles de potasio.

6.16. Fórmulas y datos importantes para determinar el Ingreso Neto de los cuadros 20 y 21.

Costo del fertilizante + costo de aplicación + costo transporte.

a. Urea Q 55.00/qq + Q 5.00/qq + Q 1.00/qq + Q 61.00/qq

b. TSP 65.00 + 5.00 + 1.00 + 71.00/qq

c. Mur. de K50.00 + 5.00 + 1.00 + 56.00/qq

- Costo de 1 kg de nitrógeno (incluye aplicación y transporte).

Urea 46 % de N

46 lbs. N. _____ Q 61.00

2.2 lbs. N. _____ X

Q 2.92./kg de N. (Urea)

- Costo de 1 kg de P_2O_5 (incluye aplicación y transporte).

T.S.P. 46 % de P_2O_5

46 lbs P_2O_5 _____ Q 71.00

2.2 lbs P_2O_5 _____ X

Q 3.40/kg de P_2O_5 (T.S.P.).

- Costo de 1 kg de K_2O (incluye aplicación y transporte).

Muriato de potasio 60 % de K_2O

60 lbs. K_2O _____ Q 56.00

2.2 lbs. K_2O _____ X

Q 2.05/kg de K_2O (Muriato de potasio).

- Costo variable: C. V.

$$C.V. = nN + pP + cK$$

donde: n, c, p es el costo de 1 kg de N, P_2O_5 y K_2O .

N, P, K son los kgs/ha de los tratamientos.

- Ingreso neto: I.N.:

$$I.N. = yY - C.V.$$

Donde: y = precio de 1 kg de Amaranthus sp. (bledo).

$y = Q 1.10/kg$ (T + HF). Precio del tallo más hoja frescos.

$y = Q 1.30/kg$ (HF). Precio de hoja fresca.

Y = Rendimiento.

- 6.16.1. En el cuadro 20 podemos apreciar que el mayor ingreso neto para el cultivo de amaranto en la variable hoja más tallo como materia fresca pertenece al tratamiento 8 (al analizar únicamente los primeros) 8 tratamientos que conforman el cubo del factorial 2^n). Este tratamiento nos define la curva donde se determina la Dosis Óptima Económica y que en este estudio correspondió a la curva 45-22-57.
- 6.16.2. En el cuadro 21, podemos identificar la misma situación que el cuadro anterior.

CUADRO 20. DETERMINACION DEL INGRESO NETO (IN) A LOS TRATAMIENTOS DEL FACTORIAL 2ⁿ. PARA LA VARIABLE HOJA+TALLO FRESCOS. DEL CULTIVO DE AMARANTO CON ADICION DEL TRATAMIENTO DE MAYOR RENDIMIENTO Y EL TESTIGO.

TRATAMIENTO	N	kgs/ha. P ₂ O ₅	K ₂ O	kgs/ha PRODUCCION Y	Q C.V.	Q. (I.N.-C.F.) I.N.
1	30	15	38	13784	216.50	14945.90
2	30	15	57	7996	255.45	8540.15
3	30	22	38	11532	240.30	12444.90
4	30	22	57	8563	279.25	9140.05
5	45	15	38	7395	260.30	7874.20
6	45	15	57	18128	299.25	19641.55
7	45	22	38	13779	284.10	14872.80
8	45	22	57	20647	323.05	22388.65*
t	12.6	7.0	16.8	7250	95.03	7879.97
12	45	29	57	22441	346.85	24338.25

* El tratamiento del factorial 2ⁿ que tiene el valor máximo de I.N. define la curva donde a de determinarse la DOE. En este caso correspondió al tratamiento No. 8. Con los niveles de N = 45 kgs/ha, P₂O₅ = 22 kgs/ha, K₂O = 57 kgs/ha.

6.17. Dosis óptima económica:

Al observar las figuras 14 a la 19, en las que se determina la DOE; al proyectar la hipotenusa del triángulo de relación insumo/producto y esta es tangente a la curva 45-22-57 (N P K) el cual reporta el mayor I.N. en el factorial 2^n y pertenece al tratamiento 8, se aprecia que pertenece a los siguientes niveles de fertilizante:

$$N = 45 \text{ kg/ha}$$

$$P = 29 \text{ kg/ha}$$

$$K = 57 \text{ kg/ha}$$

Los niveles donde se determinó la DOE pertenecen al tratamiento 12, reportando la mayor producción en este estudio. El mismo fenómeno se manifiesta para las variables estudiadas de hoja + tallo fresco y hoja fresca, ya que el amaranto se encuentra en el mercado como materia fresca.

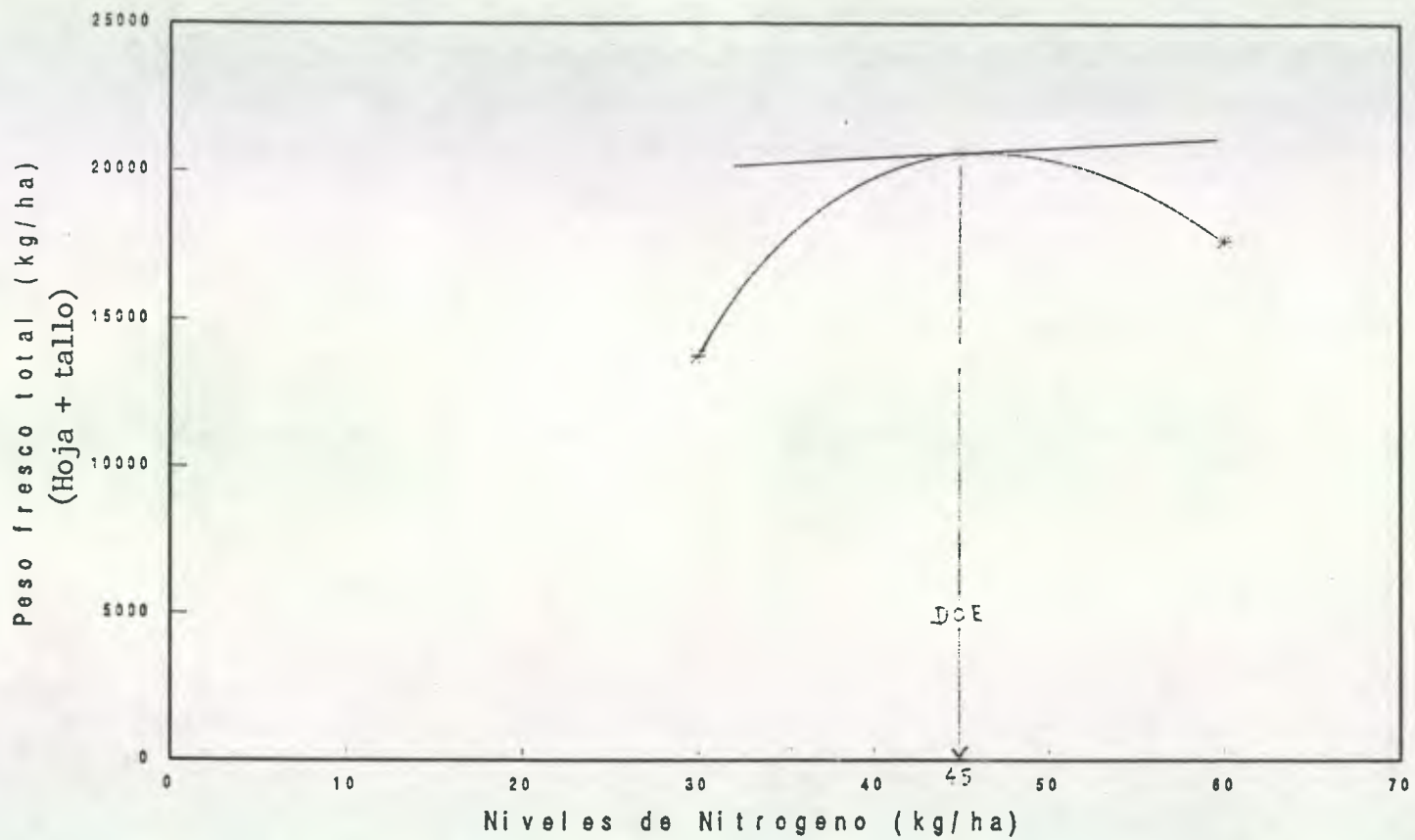
El criterio para determinar la DOE fue donde la relación de precios es igual a la relación de producto/insumo.

$$\frac{\text{Producción}}{\text{Insumo}} = \text{relación producto insumo.}$$

$$\frac{\text{Precio de insumo}}{\text{Precio de bledo}} = \text{relación de precios insumo/producto.}$$

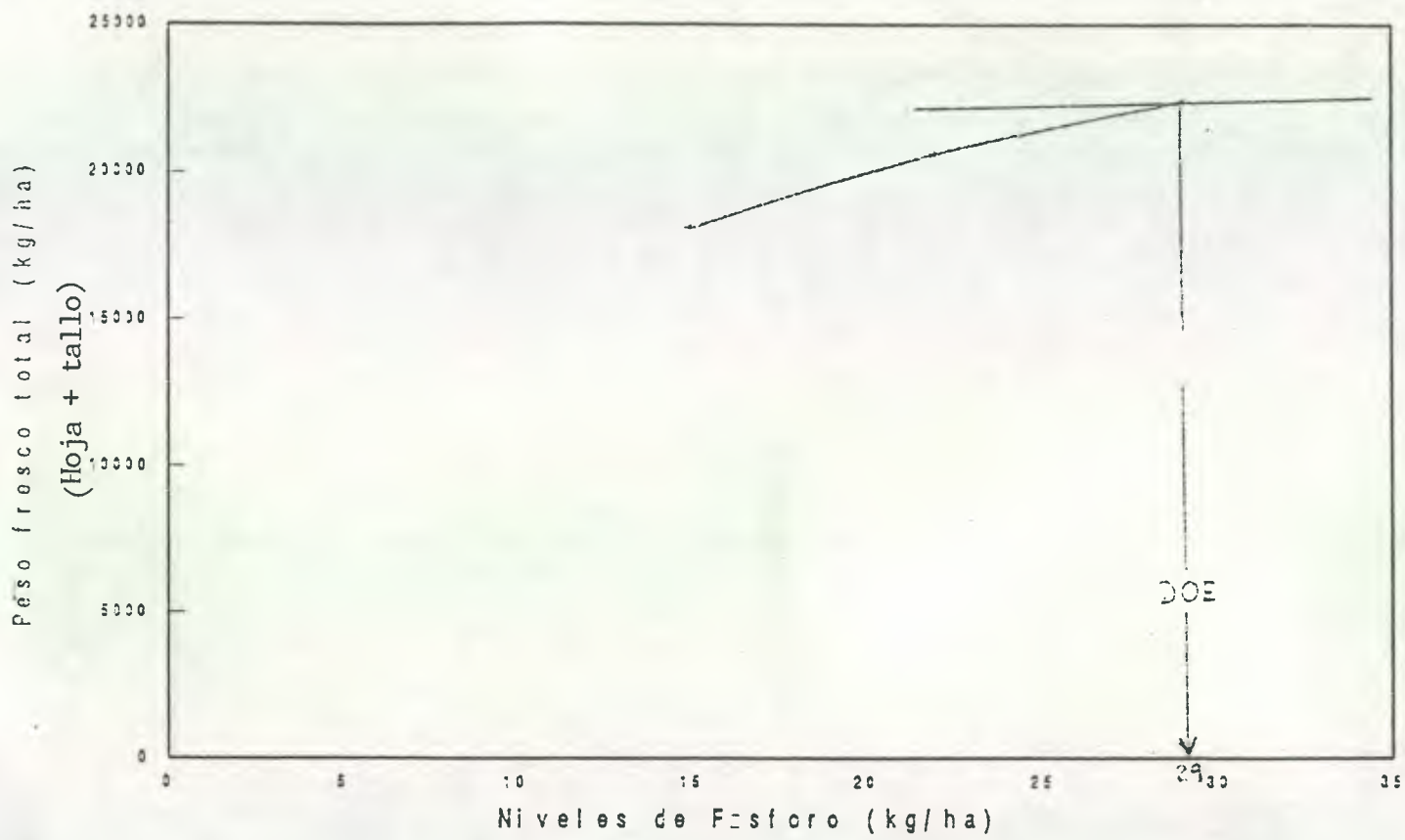
$$\frac{\text{Producción}}{\text{Insumo}} = \text{kg de bledo obtenibles por kg de insumo.}$$

$$\frac{\text{Precio de insumo}}{\text{Precio de bledo}} = \text{kg de bledo necesarios para adquirir un kg de insumo.}$$



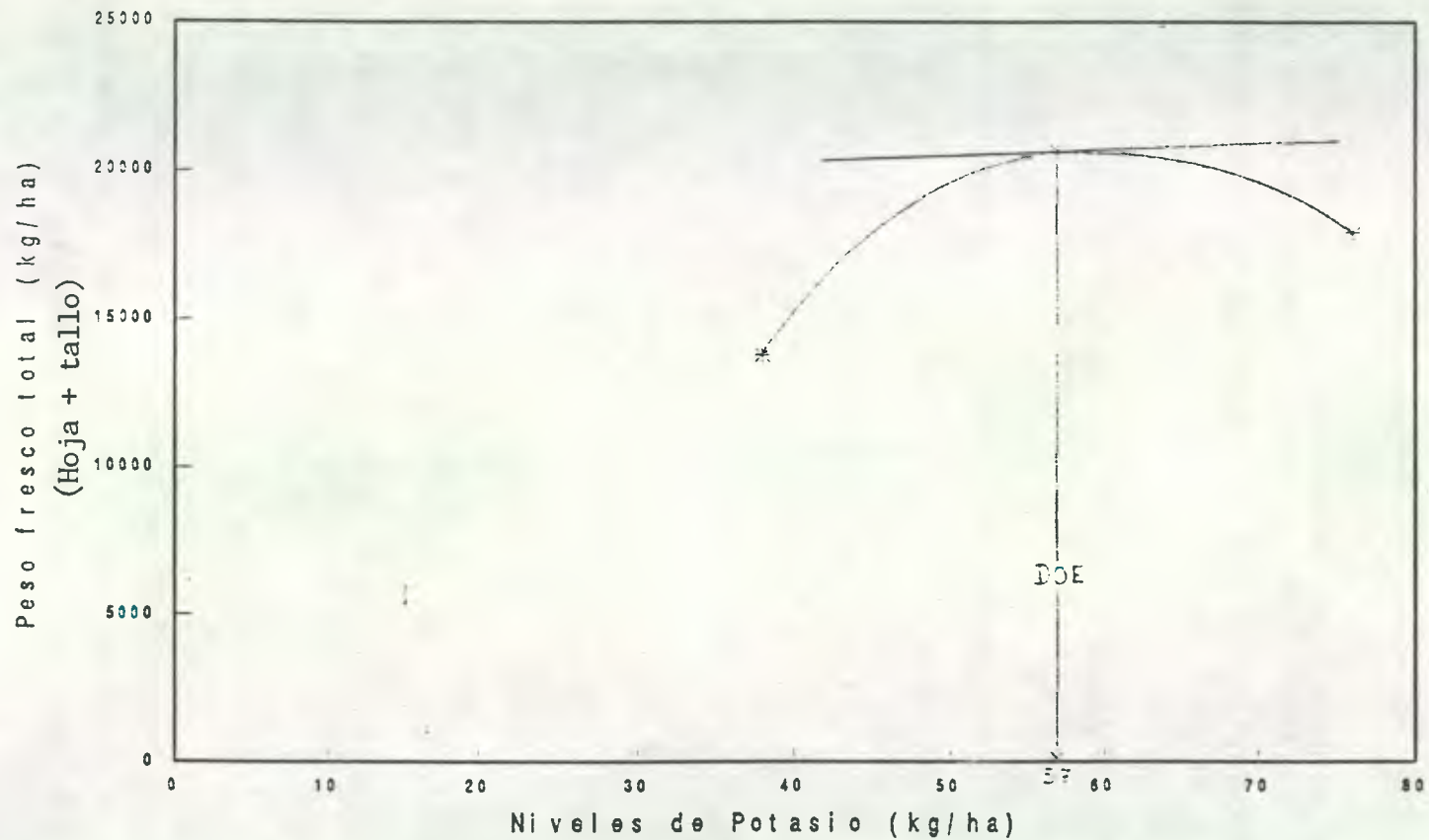
* N-22-57

Figura 14. Determinación de la Dosis Optima Económica por medio de la prolongación de la hipotenusa del triángulo de relación Insumo/Producto a la curva de respuesta del cultivo a diferentes niveles de nitrógeno del tratamiento con mayor ingreso neto.



45 - P - 57

Figura 15. Determinación de la Dosis Optima Económica por medio de la prolongación de la hipotenusa del triángulo de relación Insumo/Producto a la curva de respuesta del cultivo a diferentes niveles de fósforo del tratamiento con mayor ingreso neto.



* 45-22-K

Figura 16. Determinación de la Dosis Optima Económica por medio de la prolongación de la hipotenusa del triángulo de relación Insumo/Producto a la curva de respuesta del cultivo a diferentes niveles de potasio del tratamiento con mayor ingreso neto.

CUADRO 21. DETERMINACION DEL INGRESO NETO (IN) A LOS TRATAMIENTOS DEL FACTORIAL 2^n . PARA LA VARIABLE HOJA FRESCA DEL CULTIVO DE AMARANTO CON ADICION DEL TRATAMIENTO CON MAYOR RENDIMIENTO Y EL TESTIGO.

TRATAMIENTO	N	kgs/ha P_2O_5	K_2O	kgs/ha. PRODUCCION Y	Q. C.V.	Q (I.N.-C.F.) I.N.
1	30	15	38	4925	216.50	6186.00
2	30	15	57	4355	255.45	5406.05
3	30	22	38	4779	240.30	5972.40
4	30	22	57	4359	279.25	5387.45
5	45	15	38	3430	260.30	4198.70
6	45	15	57	7016	299.25	8821.55
7	45	22	38	5097	284.10	6342.00
8	45	22	57	8451	323.05	10663.25*
t.	12.6	7.0	16.8	2748	95.03	3477.37
12	45	29	57	8542	346.85	10757.75

El tratamiento del factorial 2^n que tiene el valor máximo del I.N. Define la curva donde ha de determinarse la DOECI. En este caso correspondió al tratamiento No. 8. Con los niveles de $N = 45$ kgs/ha., $K_2O = 57$ kgs/ha.

6.18. Relación de precios insumo/producto para HF. (hoja fresca):

$$\text{a. N: } \frac{2.92 \text{ Q/kg. n.}}{1.30 \text{ Q/kg. bleño}} = 2.25$$

Por cada kg de N. a aplicar es necesario producir 2.25 kg de bleño.

$$\text{b. P}_{20}_5: \frac{3.40}{1.30} = 2.62$$

Por cada kg de P_{20}_5 aplicado es necesario producir 2.62 kg de bleño.

$$\text{c. K}_2\text{O: } \frac{2.05}{1.30} = 1.58$$

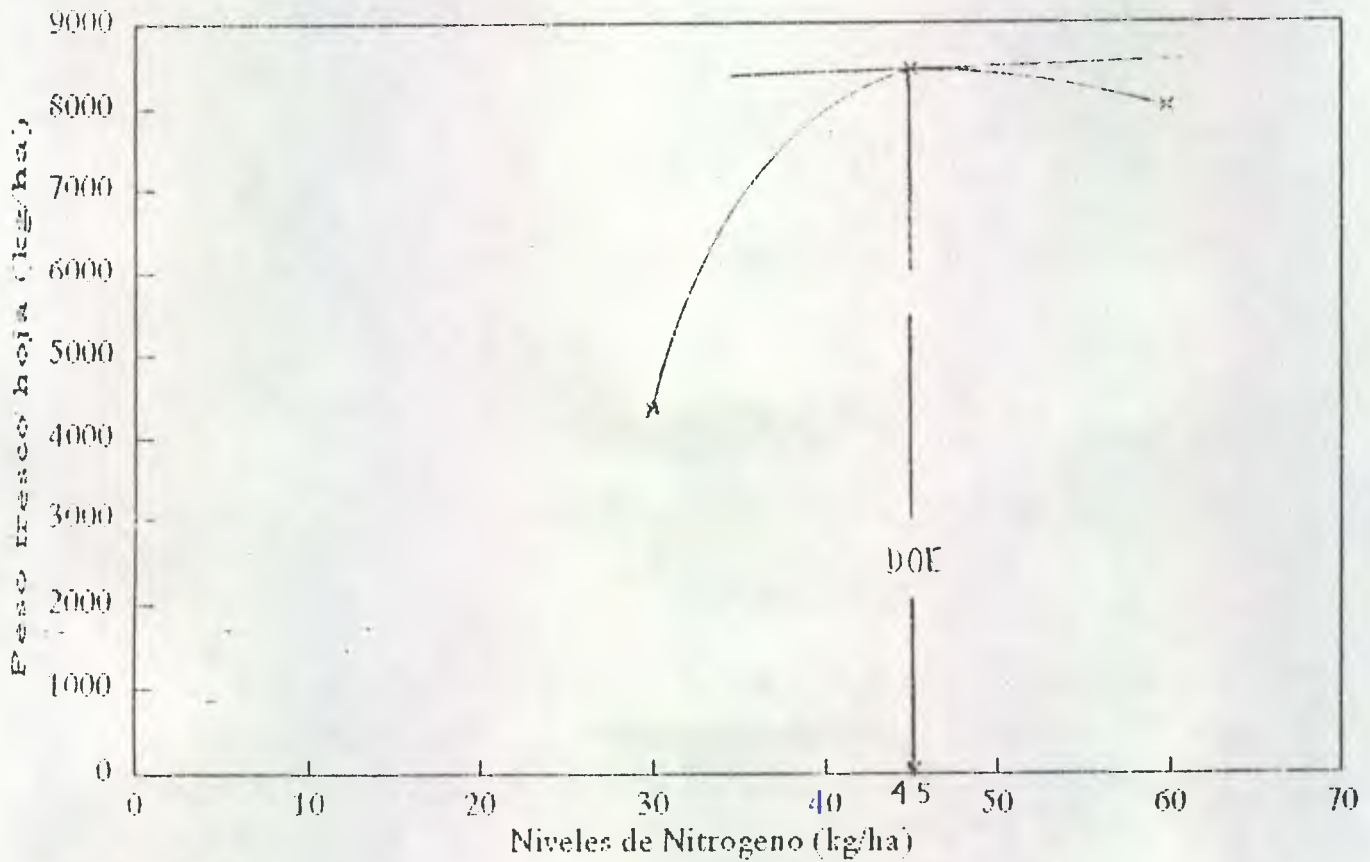
Por cada kg de K_2O a aplicar es necesario producir 1.58 kg de bleño.

6.19. Triángulo de relación insumo/producto variable hoja fresca para el tratamiento que se determinó en las curvas de DOE y que manifiesta el mejor rendimiento (Tratamiento # 12 45-29-57. Para hoja fresca) figuras 17, 18 y 19.

$$\begin{array}{ll} \text{a. } & 1 \text{ kg. N. } \underline{\quad\quad} 2.25 \text{ kg bleño} \\ & 45 \text{ kgs N. } \underline{\quad\quad} X \end{array} \quad \begin{array}{l} 101.25 \text{ kgs de bleño son necesarios} \\ \text{para aplicar 45 kgs de N/ha.} \end{array}$$

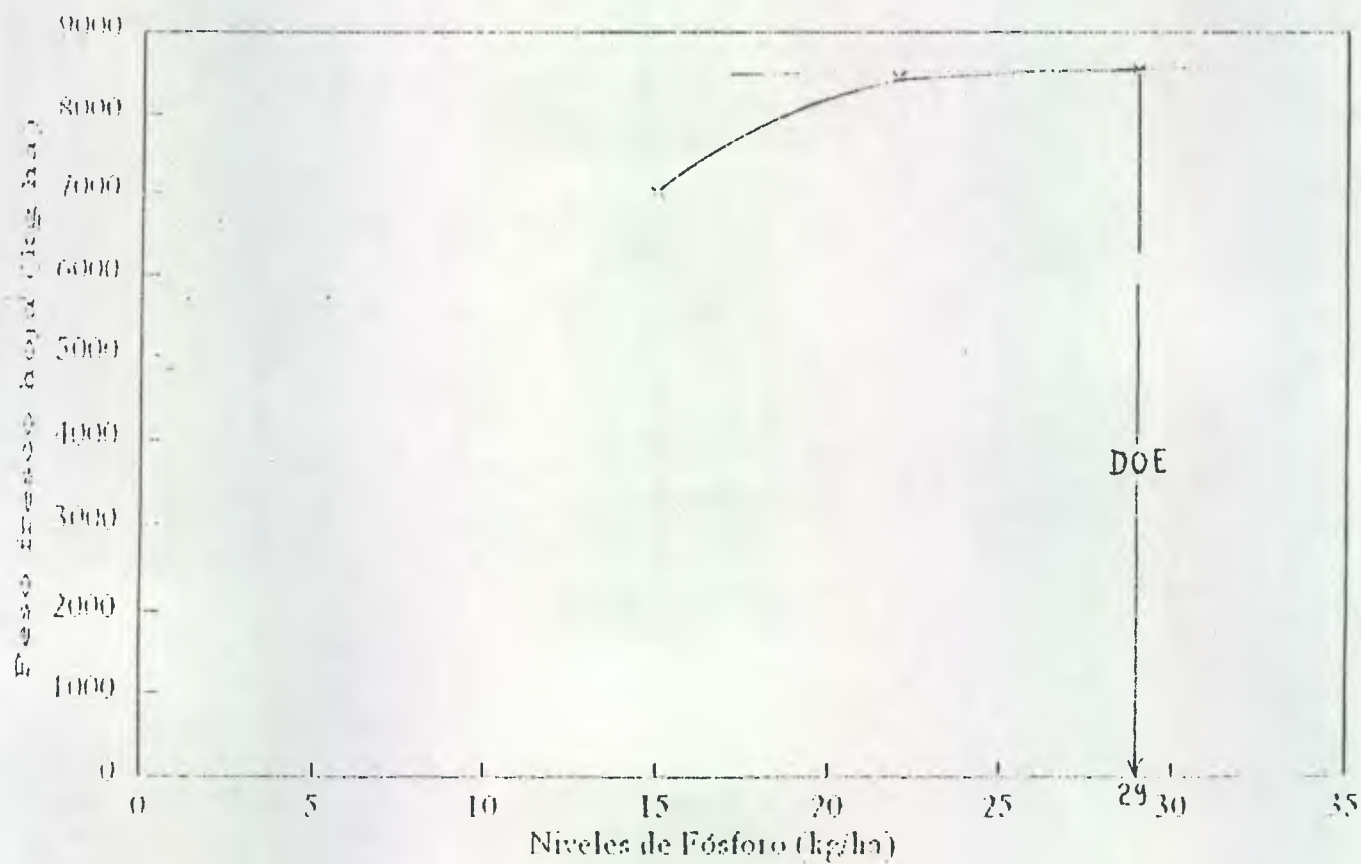
$$\begin{array}{ll} \text{b. } & 1 \text{ kg } P_{20}_5 \underline{\quad\quad} 2.62 \text{ kg bleño} \\ & 29 \text{ kg } P_{20}_5 \underline{\quad\quad} X \end{array} \quad \begin{array}{l} 75.98 \text{ kg bleño para aplicar 29 kg} \\ P_{20}_5/\text{ha.} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{c. } & 1 \text{ kg } K_2O \underline{\quad\quad} 1.58 \text{ kg bleño} \\ & 57 \text{ kg } K_2O \underline{\quad\quad} X \end{array} \quad \begin{array}{l} 90.06 \text{ kg bleño para aplicar 57 kgs} \\ K_2O/\text{ha.} \end{array}$$



N-22-57

Figura 17. Determinación de la Dosis Óptima Económica por medio de la prolongación de la hipotenusa del triángulo de relación Insumo/Producto a la curva de respuesta del cultivo a diferentes niveles de nitrógeno del tratamiento con mayor ingreso neto.



45-P-57

Figura 18. Determinación de la Dosis Óptima Económica por medio de la prolongación de la hipotenusa del triángulo de relación Insumo/Producto a la curva de respuesta del cultivo a diferentes niveles de fósforo del tratamiento con mayor ingreso neto.

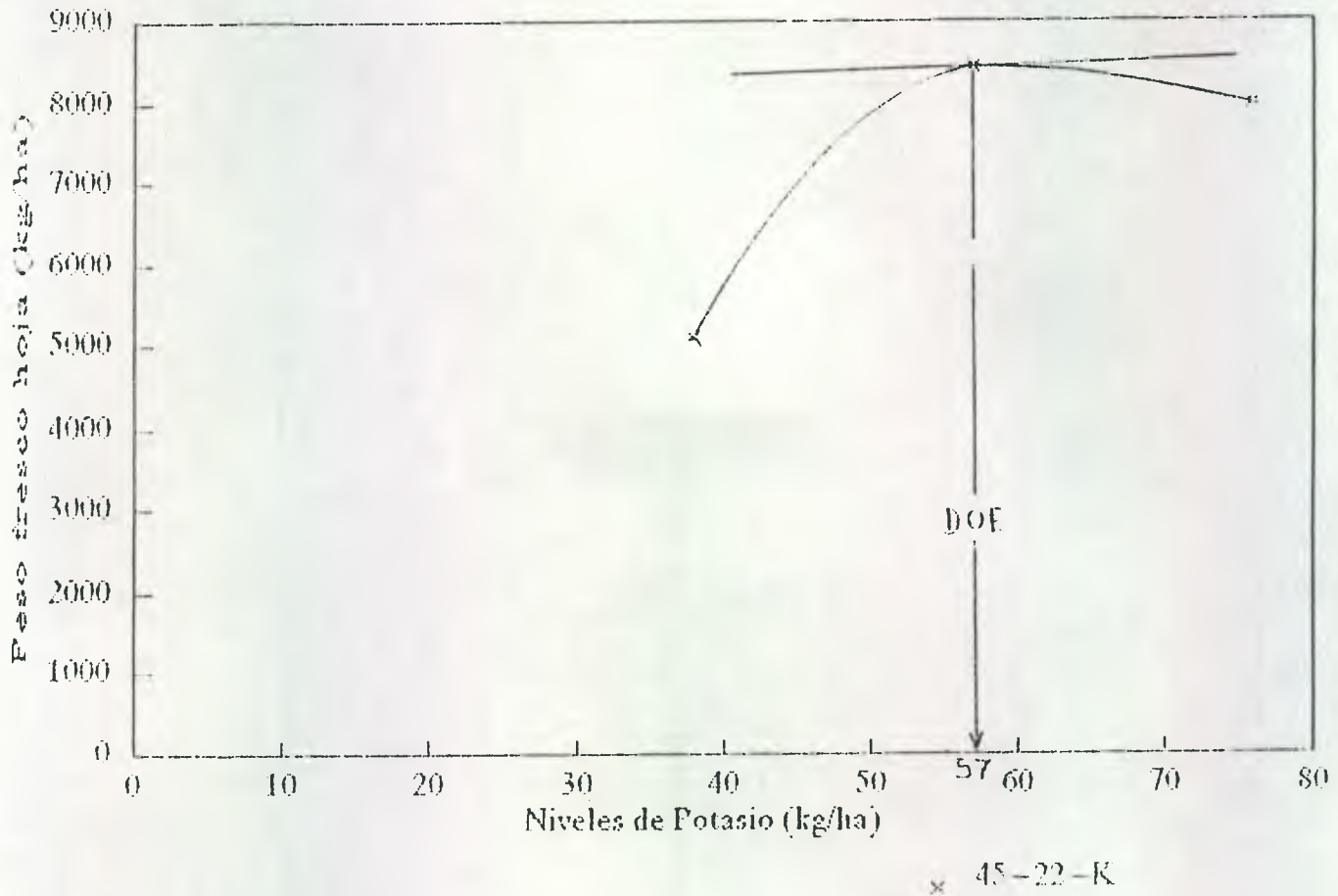


Figura 19. Determinación de la Dosis Óptima Económica por medio de la prolongación de la hipotenusa del triángulo de relación Insumo/Producto a la curva de respuesta del cultivo a diferentes niveles de potasio del tratamiento con mayor ingreso neto.

6. 10. Incremento en rendimiento (para el tratamiento No. 12).
Variable HF (Hoja fresca):

$$\begin{aligned}
 Y &= Y_{t-12} - Y_{\text{testigo}} \\
 &= 8542 - 2748 \\
 &= 5794 \text{ kgs.}
 \end{aligned}$$

6. 11. Incremento en ingreso neto I.N. (para el tratamiento No. 12)
en la variable HF (Hoja fresca):

$$\begin{aligned}
 \text{I.N.} &= y \quad Y - \text{C.V.} \\
 &= 1.30 (5794) - 346.85 \\
 &= 7185.35
 \end{aligned}$$

6. 12. Tasa de retorno a capital (para el tratamiento No. 12).
Variable HF. (Hoja fresca):

$$\begin{aligned}
 \text{T.R.C.} &= \text{I.N./C.V.} \\
 &= \frac{7185.35}{346.85} \\
 &= 20.72
 \end{aligned}$$

7. CONCLUSIONES:

De los resultados obtenidos en los diferentes análisis del presente trabajo se concluye:

- 7.1. El Amaranthus hypochondriacus L. sí muestra una marcada respuesta a la fertilización, en cuanto al rendimiento foliar como materia fresca y como materia seca.
- 7.2. Los diferentes niveles de (N - P - K), sí influyen en el rendimiento foliar como materia fresca y como materia seca del amarantho, aceptándose la hipótesis planteada.
- 7.3. El tratamiento que mejor rendimiento reporta es el 12 con niveles de 45 kg/ha de N, 29 kg/ha de P y 57 kg/ha de K.
- 7.4. El N tiene efecto positivo en 45 kg/ha cuando se combina con niveles de 29 kg/ha de P y 57 kg/ha de K. Cantidades mayores de 45 kg/ha de N tiene efecto negativo.
- 7.5. Al determinar la Dosis Optima Económica (DOE) en las gráficas, esta fué de 45-29-57 kg/ha de N-P-K respectivamente correspondiendo estos niveles al tratamiento 12.
- 7.6. Se concluye que la tasa de retorno a capital para la variable hoja fresca (es la que mas nos interesa en este estudio, ya que en el mercado se encuentra únicamente en esta forma) fue de 20.72

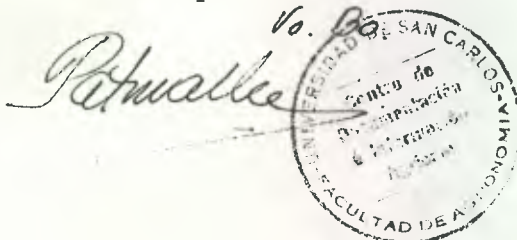
8. RECOMENDACIONES:

- 8.1. Por los resultados obtenidos en este estudio para el área donde se realizó el experimento, se recomienda hacer fertilizaciones en Amaranthus hypochondriacus L. con 45 kg/ha de N., 29 kg/ha de P_2O_5 y 57 kg/ha de K_2O .
- 8.2. Efectuar estudios de mercado del producto en fresco y como materia seca.
- 8.3. Hacer estudios sobre las necesidades hídricas del cultivo, ya que se detectó que este muestra susceptibilidad al mal drenaje.
- 8.4. Realizar estudios tendientes a evaluar la producción de semilla, posterior al corte de hoja, para aumentar la rentabilidad del cultivo.
- 8.5. Promover el cultivo del amaranto como hortaliza a nivel familiar, debido a que su consumo puede contribuir al mejoramiento de la dieta en el área rural y además por su alta rentabilidad.

9. BIBLIOGRAFIA

- 9.1. ABIDIN, Z.; SUWAHYO. 1985. Efecto de la densidad de población y fertilización de nitrógeno en el crecimiento y producción de espinaca. El Amaranto y su potencial, boletín (Gua) 2:1-2.
- 9.2. ALFARO, M.A. 1985. Evaluación del rendimiento y composición química del amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.) en tres diferentes épocas de corte. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 48 p.
- 9.3. BETEPA, J.D. 1987. Evaluación del rendimiento y contenido de proteína foliar de 16 cultivares de amaranto (Amaranthus sp.) en la finca Bulbuxya, San Miguel Panán, Suchitepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 34 p.
- 9.4. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. 1982. Datos meteorológicos. Guatemala. p. 221.
- 9.5. HOLDRIDGE, L.R. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Trad. por Humberto Jiménez. San José, Costa Rica, IICA. p. 216.
- 9.6. ITURBIDE, G.; GOMEZ LORENCE, F. 1981. Fertilización y densidad de población en amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.). Revista Chapingo (Mex) 29:22-27.
- 9.7. MARTINEZ, A. s.f. El cultivo de bleo y su potencial alimenticio. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 3 p.

- 9.8. REYES CASTAÑEDA, P. 1981. Diseños de experimentos aplicados. México, Trillas. p. 197-217.
- 9.9. SANCHEZ MARROQUIN, A. 1980. Potencial agroindustrial del amaranto. México, Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. p. 200-238.
- 9.10. SIMMONS, C.S.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
- 9.11. SPILLARI, F. 1983. Composición química de diferentes cultivos de hierva mora (*Solanum* sp.), chipilín (*Crotalaria* sp.) y amaranto (*Amaranthus* sp.). Trabajo Supervisado. Técnico Fitotecnista. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Instituto de Ciencias Ambientales y Tecnología Agrícola. 41 p.
- 9.12. TEUSCHER, P.; ADLER, A. 1980. El suelo y su fertilidad. Trad. Rodolfo Vera y Zapata. México, CECSA. p. 460.
- 9.13. TURRENT FERNANDEZ, A.; LAIRD, R.J. 1978. La matriz experimental Plan Puebla para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. 3a. ed. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. p. 120.



APENDICE

CUADRO 1A PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO EN EL QUE SE REALIZO EL ESTUDIO

pH	ppm			meq/100 grs. de suelo		
	N	P	K	Ca.	Mg.	Ca/Mg
6.9	9	5	12	3.5	0.60	5.8/1

CUADRO 2A NIVELES DE FERTILIZACION QUE SE INVOLUCRARON EN EL ESTUDIO POR MEDIO DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA I.

Fertilizantes	Niveles de fertilizantes (kg./ha.)			
N	15	30	45	60
P	8	15	22	29
K	19	38	57	76





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

Ref. Sem. 047-92


LA TESIS TITULADA: "RESPUESTA DEL Amaranthus hypochondriacus L. A LA FERTILIZACION
CON DIFERENTES NIVELES DE NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO EN EL REN-
DIMIENTO FOLIAR COMO MATERIA FRESCA"

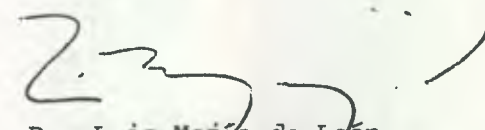
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: DOMINGO FILIBERTO CASTILLO

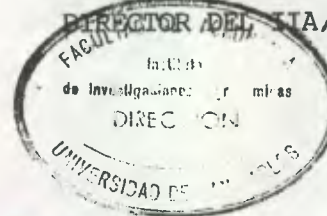
CARNET No: 79-15266

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. José Jesús Chonay
Ing. Agr. Carlos Fernández

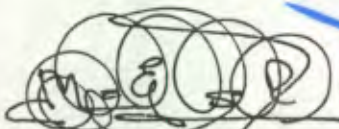
El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cum-
plido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la
Universidad de San Carlos de Guatemala.


Ing. Agr. Aníbal B. Martínez
A S E S O R


Dr. Luis Mejía de León



I M P R I M A S E


Ing. Agr. Maynor Estrada Rosales
DECANO EN FUNCIONES

c.c. Control Académico
Archivo

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

