

UNIVERSIDAD NACIONAL
INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
DE COLOMBIA

1977

RESPUESTA DE LA CEBOLLA DE RAMA (Allium fistulosum L.) A LA
FERTILIZACION ORGANICA Y FOSFORICA

TESIS

Presentada al Programa de Estudios para Graduados
Universidad Nacional - Instituto Colombiano Agropecuario

Por

FREDY VICTORIA LOPEZ

Como requisito parcial para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

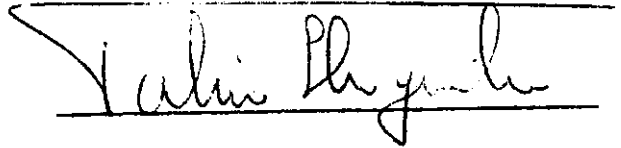
Bogotá, Colombia

1977

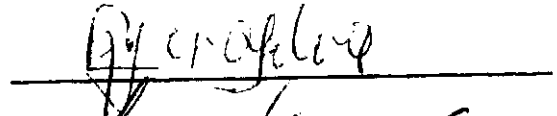
TESIS APROBADA POR:

COMITE CONSEJERO

Dr. FABIO HIGUITA M. M.S.

Handwritten signature of Fabio Higueta M. in cursive script, written on a set of three horizontal lines.

Dr. RODRIGO LORA S. M.S.

Handwritten signature of Rodrigo Lora S. in cursive script, written on a set of three horizontal lines.

Dr. MOISES ALVAREZ Q. Ph.D.

Handwritten signature of Moises Alvarez Q. in cursive script, written on a set of three horizontal lines.

" El presidente de tesis y el consejo examinador de grado no serán responsables de las ideas emitidas por el candidato ". (Artículo 217 de los Estatutos de la Universidad Nacional).

DEDICO :

A María Victoria

AGRADECIMIENTOS

Muy sinceros a los Miembros del Comité Consejero por su guía y orientación, al Ing. Agrónomo Jorge Franco de la División de Estadística y Biometría, al Ing. Agrónomo Agatón Wieczoreck del Programa de Suelos y al Ing. Agrónomo Franklyn Osorio mi amigo y discípulo.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. Ecología del Cultivo.....	3
2.1.1. Requerimientos climáticos.....	3
2.1.2. Requerimientos de suelos.....	3
2.2. Ecología de la Sabana de Bogotá.....	4
2.3. Requerimientos Nutricionales de la Cebolla de Rama.	4
2.4. Aprovechabilidad del Nitrógeno por las Plantas.....	5
2.5. Aprovechabilidad del Fósforo por las Plantas.....	5
2.6. Fijación del Fósforo en el Suelo.....	6
2.7. Efecto de la Materia Orgánica en la Aprovechabili- dad del Fósforo.....	7
2.8. Importancia de los Fertilizantes Químicos.....	8
2.9. Importancia del Abono Orgánico.....	8
2.10. Mineralización del Nitrógeno Orgánico.....	9
2.11. La Relación C/N y los Procesos de Inmovilización y Mineralización.....	10
2.12. El Humus del Suelo.....	11
2.13. Los Fertilizantes en Horticultura.....	11
2.14. Investigaciones Previas sobre Fertilización en Ce- bolla de Rama.....	12

	Página
3. MATERIALES Y METODOS.....	14
3.1. Localización.....	14
3.2. Diseño Experimental.....	14
3.3. Tamaño de Parcela.....	15
3.4. Niveles y Tratamientos.....	16
3.5. Aplicación de Abonos.....	16
3.6. Fuentes de Fertilizantes.....	16
3.7. Toma de Datos.....	17
3.8. Procedimiento de Laboratorio.....	20
3.8.1. Análisis de suelos.....	20
3.8.2. Análisis de tejidos vegetales.....	21
3.9. Procedimiento Estadístico.....	21
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	23
4.1. Propiedades del Suelo.....	23
4.1.1. Al iniciar el ensayo.....	23
4.1.2. Al finalizar el ensayo.....	25
4.2. Análisis del Abono Orgánico y Tejidos de las Plan- tas.....	29
4.2.1. Contenido de nutrimentos en la gallinaza.....	29
4.2.2. Análisis de tejidos. Primer cosecha.....	30
4.2.3. Análisis de tejidos. Segunda cosecha.....	33
4.3. Efecto de la Gallinaza y el Fósforo sobre el Rendi- miento.....	37

	Página
4.3.1. Primer cosecha.....	37
4.3.2. Segunda cosecha. Efecto residual.....	39
4.4. Análisis Estadístico de las Superficies de Respues- ta.....	39
4.5. Conclusiones del Análisis y Recomendaciones Optimo- Económicas.....	45
4.5.1. Rendimiento máximo.....	45
4.5.2. Rendimiento óptimo-económico.....	46
5. CONCLUSIONES.....	53
6. RESUMEN.....	55
7. SUMMARY.....	58
BIBLIOGRAFIA.....	61

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Factores, espacios de exploración y unidades utilizadas en el experimento.....	15
2	Lista de tratamientos de la Matriz Plan Puebla II, para dos factores: Dosis de fertilización orgánica y fosfórica.....	17
3	VARIABLES INCLUIDAS EN LOS ANÁLISIS DE REGRESIÓN.....	22
4	Análisis de caracterización del suelo utilizado en el experimento.....	24
5	Textura, reacción del suelo, contenido de materia orgánica y fósforo aprovechable de los suelos correspondientes a los diferentes tratamientos al finalizar el experimento en el campo (promedio de tres repeticiones).....	26
6	Contenido de bases intercambiables y relación Ca/Mg, de los suelos correspondientes a los diferentes tratamientos, después de dos cosechas (promedio de tres repeticiones).....	28
7	Composición de la gallinaza empleada en el experimento.....	29
8	Contenidos totales de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio presentes en los tejidos de cebolla de rama, primer cosecha (promedio de tres repeticiones).	31
9	Contenido total de algunos elementos menores en los tejidos de cebolla de rama, primer cosecha (promedio de tres repeticiones).....	32
10	Contenidos totales de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio presentes en los tejidos de cebolla de rama, segunda cosecha (promedio de tres repeticiones)	34

Tabla		Página
11	Contenido total de algunos elementos menores en los tejidos de cebolla de rama, segunda cosecha (promedio de tres replicaciones).....	35
12	Respuesta de la cebolla de rama, a las aplicaciones de gallinaza y fósforo. Primer cosecha (promedio de tres replicaciones).....	38
13	Respuesta de la cebolla de rama al efecto residual de la gallinaza y fósforo aplicados. Segunda cosecha (promedio de tres replicaciones).....	40
14	Prueba de t para comparar los rendimientos promedios obtenidos en las dos cosechas sucesivas.....	41
15	Ecuación de regresión del rendimiento, valores de t y nivel de significancia obtenido (primer cosecha).....	43
16	Ecuación de regresión del rendimiento, valores de t y nivel de significancia obtenido (segunda cosecha)....	44
17	Rendimientos e ingreso neto correspondientes a las dosis de óptima y máxima producción en comparación con el testigo absoluto.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Matríz experimental Plan Puebla II, y selección de los cinco niveles para dos factores: Dosis de fertilización orgánica y fosfórica.....	18
2	Representación gráfica de la matríz Plan Puebla II para dos factores: Dosis de fertilización orgánica y fosfórica.....	19
3	Precipitación mensual durante los dos períodos de cosecha para el cultivo de la cebolla de rama.....	36
4	Efecto de la gallinaza sobre el rendimiento de la cebolla de rama empleando 160,92 Kg. de P ₂ O ₅ por hectárea..	47
5	Efecto del fósforo sobre el rendimiento de la cebolla de rama aplicando 11,45 toneladas de gallinaza (M.O.) por hectárea.....	48
6	Solución gráfica para determinar el óptimo económico de capital ilimitado, en la respuesta de la cebolla de rama a las aplicaciones de gallinaza.....	50
7	Solución gráfica para determinar el óptimo económico de capital ilimitado, en la respuesta de la cebolla de rama a las aplicaciones de fósforo (P ₂ O ₅).....	51

1. INTRODUCCION

La cebolla de rama es una planta originaria del Asia y en nuestro medio una hortaliza muy apreciada en casi todos los hogares, por lo que su demanda es cada vez mayor y sus precios en el mercado presentan constante tendencia al alza.

En la actualidad, el área dedicada al cultivo de la cebolla de rama en el Departamento de Boyacá (Aquitania) se estima en 1000 hectáreas aproximadamente; además de importantes extensiones en Cundinamarca, Antioquia, Caldas, Risaralda y Valle del Cauca. De estos productores un 80% son minifundistas, lo que permite detectar la incidencia directa de este cultivo en sus condiciones económicas y sociales.

Con relación al uso de fertilizantes en esta hortaliza, es poca la información disponible en el país. Pero si se considera que el costo de los fertilizantes químicos es cada vez mayor y su demanda se incrementa por constituir un medio para conseguir aumentos en rendimiento, se deriva la necesidad de buscar las mezclas entre estos fertilizantes y los abonos orgánicos para minimizar costos de producción por unidad de área, aumentar los rendimientos y mejorar el nivel de fertilidad y las condiciones físicas de los mismos.

Por otra parte, el manejo y el empleo de las heces fecales es un problema actual de envergadura para muchos avicultores porque con los

márgenes de utilidad cada día más estrechos y con la perspectiva de un incremento en la polución nacional, la mayoría de los avicultores deben encontrar qué hacer con su gallinaza si quieren permanecer en el negocio (31).

Con el presente estudio se pretende:

1. Determinar el efecto de la fertilización orgánica y fosfórica, en la producción de cebolla de rama.
2. Determinar los niveles económicamente óptimos de utilización para cada elemento fertilizante: Gallinaza y fósforo (P_2O_5).
3. Medir el efecto residual de la gallinaza y fósforo aplicados, sobre el rendimiento.
4. Dar, en base a los resultados, recomendaciones de abono orgánico y fosfórico, a los productores de cebolla, considerando las condiciones ecológicas, de suelo y la variedad a usar.
5. Determinar el efecto de la gallinaza y fósforo aplicados sobre el pH, el fósforo, la capacidad de intercambio catiónico y contenido de nutrimentos en los tejidos.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Ecología del Cultivo.

2.1.1. Requerimientos climáticos.

La cebolla de rama es una hortaliza que se cultiva en los tres tipos generales de climas que se presentan en Colombia: Cálido, templado y frío. Las zonas ecológicas para este cultivo se pueden clasificar en tres categorías: templada baja (25-20°C); templada alta (20-16°C) y fría baja (16-12°C) (7).

Las cebollas cultivadas en la zona "templada baja" son más precoces, de inferior calidad y más bajos rendimientos. En cambio, las cosechadas en la zona "fría baja" son más tiernas, con menos porcentaje de fibra y mayor rendimiento. Además las plantas son más durables en su producción que las cultivadas en clima cálido (7).

2.1.2. Requerimientos de suelos.

Este cultivo se adapta a diferentes tipos de suelos similares a los recomendados para la cebolla de bulbo (4), pero logra su más alta calidad en suelos ricos en materia orgánica y con adecuada retención de humedad.

2.2. Ecología de la Sabana de Bogotá.

Según Espinal y Montenegro (8), la Sabana de Bogotá se encuentra dentro de la formación vegetal Bosque Seco Montano Bajo (bs-MB), y tiene como límites climáticos una temperatura entre 12 y 18°C y una precipitación promedio anual de 500 a 1000 mm.

2.3. Requerimientos Nutricionales de la Cebolla de Rama.

La finalidad de la fertilización es aportar al suelo los nutrientes que las plantas requieren para completar normalmente su desarrollo e incrementar los rendimientos. Se sabe que todas las plantas no tienen las mismas exigencias nutricionales y que ellas están relacionadas con el tipo de planta, de suelo y condiciones ambientales en las que se desarrollen.

Knott y Deanon (16), reportan que una cosecha de cebolla puede extraer del suelo 77,6 kilos de nitrógeno por hectárea; 10,1 kilos de P_2O_5 ; 109,7 kilos de K_2O y 38,2 kilos de calcio.

Con respecto a la aplicación de abono orgánico, Bustamante (3), encontró en suelos de Tesorito (Caldas), que la adición de 15 toneladas por hectárea de estiércol de vacuno o de gallina, era suficiente para obtener una buena producción de cebolla de rama, en siembras nuevas o en cultivos establecidos.

Estos datos permiten formar un criterio de las necesidades de la cebolla de rama en lo que a nitrógeno, fósforo y materia orgánica se refiere y que deben ser satisfechas para obtener adecuados rendimientos.

2.4. Aprovechabilidad del Nitrógeno por las Plantas.

El nitrógeno es un elemento de vital importancia para las plantas. Es esencial para la formación de proteínas y forma parte de la molécula de proteína (34).

Generalmente es absorbido por las plantas en las formas de iones NO_3^- y NH_4^+ . El ión amonio (NH_4^+) puede ser retenido y adsorbido por los coloides del suelo y es por éso que no está tan sujeto a remosiones, por lavado, tal como ocurre con el ión nitrato (NO_3^-), el cual es poco adsorbido por los coloides del suelo (34).

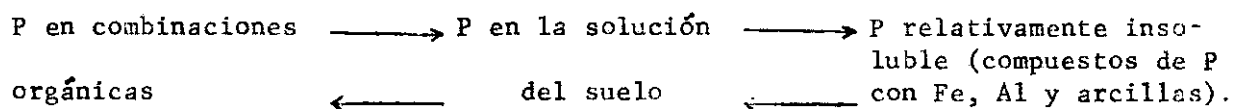
2.5. Aprovechabilidad del Fósforo por las Plantas.

El fósforo en la planta está asociado con una serie de reacciones bioquímicas y es componente de muchas proteínas (33).

La mayoría del fósforo es absorbido por las plantas como iones ortofosfato primario y secundario (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}), especialmente bajo la primera forma.

El mantenimiento de una concentración apropiada de fósforo en la solución del suelo depende entre otras cosas de la rata relativa de formación y descomposición de la materia orgánica y de la habilidad de la fracción inorgánica del suelo para reaccionar con o fijar fosfatos solubles y tornarlos insolubles o ligeramente solubles.

Este equilibrio se puede ilustrar así:



Este equilibrio puede ser perturbado temporalmente por adición de fertilizantes fosfatados solubles, por inmovilización de fósforo soluble por microorganismos y por mineralización rápida de la materia orgánica (17).

Como regla general, la aprovechabilidad máxima del fósforo para la mayoría de los cultivos se encuentra en suelos con pH entre 5,5 y 7,0 (17).

2.6. Fijación del Fósforo en el Suelo.

La reducción de la solubilidad de los fosfatos añadidos al suelo se denomina retención o fijación de fosfatos. El término retención se refiere a la porción del fósforo que es sostenido en forma débil por el suelo y que puede ser extraída con ácidos diluidos (17).

La retención de los fosfatos por la fracción mineral de los suelos

ácidos se cree generalmente que resulta de la reacción de los iones orto fosfatos con el Fe, Al y posiblemente con las arcillas silicatadas (17).

Lo anterior es confirmado por Millar, citado por Quintero (30) quien propone que en suelos deficientes en calcio el ión fosfato puede ser adsorbido en la superficie de los óxidos hidratados de hierro y aluminio, o puede combinarse con el aluminio, hierro o manganeso solubles y formar precipitados insolubles.

2.7. Efecto de la Materia Orgánica en la Aprovechabilidad del Fósforo.

En los suelos negros de las zonas frías a pesar de ser ricos en materia orgánica, es conveniente la adición de ella para disminuir el fuerte poder de fijación de fósforo que existe en estos suelos. Ello se debe a la escasa descomposición de la materia orgánica debida en parte a la limitada actividad microbiana y a la alta relación carbono-nitrógeno (14).

Swanson, Cole y Sieling, reportados por Quintero (30), expresan que la habilidad de la materia orgánica para prevenir la fijación del ión fosfato, puede deberse a la reducción de compuestos de hierro por las bacterias, al reemplazo del ión fosfato en el complejo coloidal por humus y a la conversión del fosfato en compuestos fosforados orgánicos. Por otra parte, la descomposición de la materia orgánica produce ácidos que apresuran la disolución de los fosfatos minerales y lógicamente, algo del fósforo es liberado de los compuestos orgánicos durante la descomposición.

En suelo franco-limoso (FL) de la serie Mosquera y utilizando como planta indicadora la cebada (Hordeum vulgare) se encontró que la adición de abono orgánico ocasionó aumentos significativos en la materia seca, en el fósforo total contenido en ella, y en el porcentaje del fósforo aplicado que fué utilizado por la planta (21).

2.8. Importancia de los Fertilizantes Químicos.

Los fertilizantes minerales contienen uno o más nutrimentos, los cuales están generalmente en forma concentrada y fácilmente disponibles para la planta. De ahí que el valor de los fertilizantes químicos dependa en primera instancia de su contenido en nutrimentos puros. Así mismo la mayoría contiene una cierta cantidad de sustancias secundarias, como sulfatos, cloruros, calcio y elementos menores que, en parte, favorecen también el crecimiento vegetal (18).

2.9. Importancia del Abono Orgánico.

La sólo aplicación de fertilizantes químicos no puede sustituir todas las funciones de los abonos orgánicos como son: mejorar las propiedades físico-químicas de los suelos, aumentar la absorción de agua, ejercer una influencia positiva sobre la actividad de los microorganismos, retardar la fijación del fósforo mineral, actuar como reguladores de la temperatura edáfica, etc. En virtud de estas propiedades los abonos orgánicos crean las condiciones necesarias para que el empleo de los fertilizantes inorgánicos sea más eficaz, ya que no sólo se incrementa la cantidad de nutrimentos, sino también se mejoran las características físicas del suelo (25).

Cuando se emplean los dos tipos de abonos, se puede explotar todas las fuentes de nutrimentos, con lo cual se consigue una disponibilidad más grande de ellos y una mayor economía (25).

Según Millark, Turk y Foth (26), los efectos benéficos producidos por el abono orgánico en el desarrollo de las plantas se deben en gran parte a su buen contenido de nitrógeno, fósforo y potasio. Por otra parte, el humus retiene los nutrimentos minerales básicos como el calcio, magnesio, amonio y potasio, en forma asimilable para que éstos puedan ser tomados por las plantas (5).

La materia orgánica ejerce una decisiva influencia sobre el pH del suelo a través de su capacidad amortiguadora (1).

2.10. Mineralización del Nitrógeno Orgánico.

El nitrógeno orgánico representa comúnmente entre el 85 y 95% del nitrógeno total del suelo. La mineralización de este nitrógeno en el suelo toma lugar en tres etapas esenciales que son: a) Aminización; b) Amonificación y c) Nitrificación. Por medio de esta secuencia de reacciones, el nitrógeno orgánico que realmente no está en forma disponible para la planta, pasa a formas disponibles para ésta (18).

La aminización es la descomposición hidrolítica de proteínas con la consecuente liberación de aminas y aminoácidos. Luego, durante la etapa de amonificación las aminas y aminoácidos son utilizados por microorganismos heterotróficos produciendo la liberación de amoníaco o compuestos amoniacales. Finalmente, el amoníaco durante la etapa de ni

trificación mediante oxidación biológica es transformado a nitratos (18).

De acuerdo con McLaren citado por Quintero (30), dentro del suelo el amonio es transformado a nitritos por especies Nitrosomonas y Nitrosococcus, a tasas de reacción específicas y los nitritos son oxidados a nitratos por especies de Nitrobacter también a tasas específicas. La cantidad de amonio presente, la reacción del suelo, el estado de aireación, la aireación y el contenido de humedad del suelo son condiciones necesarias para la nitrificación (18).

2.11. La Relación C/N y los Procesos de Inmovilización y Mineralización.

Como regla general, cuando los materiales orgánicos con una relación C/N mayor de 33 se añaden al suelo, hay una inmovilización del nitrógeno durante el proceso de descomposición inicial, debido a que el amonio producido es reasimilado tan rápidamente como es formado y convertido en proteína microbial. Para relaciones entre 17 y 33 se estima que hay un equilibrio entre la inmovilización y la mineralización. Si los materiales orgánicos tienen una relación C/N menor de 17, el amonio resultante del desdoblamiento de las proteínas entra en la fase de nitrificación (9).

La relación C/N, tiende a disminuir en los suelos de regiones áridas, al contrario que en las húmedas cuando las temperaturas anuales son aproximadamente las mismas. Es también menor en las regiones más cálidas que en las más frías, siempre que las lluvias sean casi de igual magnitud. También la relación es menor en los subsuelos, en general, que

para los correspondientes pisos superficiales (2).

En general para que la materia orgánica logre una completa descomposición debe tener un mínimo de 1,5 - 2% de nitrógeno. Generalmente una relación C/N apropiada es de 15-20 (18).

2.12. El Humus del Suelo.

El humus, como complejo coloidal, tiene una organización muy semejante a la arcilla. Los lignoproteínatos y sin duda también otros constituyentes, obran como acidoides complejos o micelas. En condiciones ordinarias tienen una carga negativa elevada. La micela húmica está compuesta por C, H, O, N, S, P y otros elementos. Al igual que las arcillas, las micelas húmicas exhiben el fenómeno de doble capa y tienen un enjambre de cationes adsorbidos. El humus contiene de 3 a 6% de N y de 55 a 58% de C (9).

2.13. Los Fertilizantes en Horticultura.

La mayoría de las hortalizas, requieren un alto grado de fertilidad para producir altos rendimientos y buena calidad.

Geus, citado por Higuera (10), afirma que las hortalizas requieren una mayor cantidad de fertilizantes por año y por unidad de área en comparación a otros cultivos, debido a:

1. La mayoría de los cultivos se siembran comúnmente una vez al año, en tanto que las hortalizas se siembran por lo menos dos veces al año. Bajo condiciones de invernadero hasta cuatro y cinco veces al año.

2. En horticultura intensiva, donde los costos de producción son altos, grandes cantidades de fertilizantes tienen relativamente poca influencia sobre los costos de producción. En hortalizas, pequeños aumentos en la producción son rentables.
3. Debido a que los cultivos hortícolas exigen una dedicación esmerada, se obtiene mejor respuesta a los fertilizantes que en otros cultivos.
4. El período vegetativo de algunas hortalizas es muy corto, a veces uno o dos meses; ésto significa que los nutrimentos deben estar presentes en forma fácilmente asimilable y en cantidades apropiadas durante ese período.

2.14. Investigaciones Previas sobre Fertilización en Cebolla de Rama.

En la zona de Tenerife (Valle del Cauca), aplican gallinaza, regada al voleo para incorporarla con el rastrillo o azadón en dosis de 19 toneladas por hectárea. La acción del estiércol se acompaña de 8 partes de superfosfato y dos partes de sulfato o cloruro de potasio, lo que equivale a unos 200 kilos por hectárea (7).

De acuerdo con Caicedo, citado por Díaz (7), en la localidad de Tenerife se ha utilizado el triple 14 y el 10-30-10, dando los mejores resultados la segunda fórmula, a la dosis de 781 kilos por hectárea durante un año, repartido en la siembra y las tres cosechas.

En ensayo realizado en Aquitania (Boyacá) para determinar la respuesta de la cebolla de rama a la fertilización química y orgánica, se encon

tró que con aplicaciones de 6 toneladas de gallinaza y 500 kilos de 10-30-10 se obtenían los mayores rendimientos y los mejores beneficios económicos (13).

En los Baños, Filipinas, en suelos arcillosos y con altas temperaturas aplican 1680 kilos por hectárea de abono 5-10-5 al momento de la siembra y posteriormente agregan 56 kilos de nitrógeno en bandas (16).

Higuera (10), en un suelo de la serie Tibaitatá, realizó un ensayo con cebolla de bulbo (Allium cepa) y encontró que los máximos rendimientos físicos (28944 Kg./Ha.), se obtuvieron con 50 kilos de nitrógeno, 300 kilos de P_2O_5 , 60 kilos de K_2O y 8 toneladas de abono de establo por hectárea. Igualmente determinó que los mayores rendimientos al menor costo se obtenían al aplicar 75 kilos de nitrógeno; 225 kilos de P_2O_5 , 30 kilos de K_2O y 12 toneladas de abono de establo por hectárea.

Rodríguez y Lobo (32) investigaron la influencia de los fertilizantes químicos y la gallinaza en la producción de hortalizas en suelos volcánicos de Antioquia y Caldas y concluyeron que la aplicación de fertilizantes químicos y gallinaza aumentan los rendimientos de las hortalizas. Los suelos donde se realizaron los ensayos son poco fértiles, muy ácidos con alto contenido de materia orgánica y bajos en Ca, Mg y P aprovechable.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización.

El presente estudio se realizó en un lote del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Tibaitatá, localizado en Mosquera (Cundinamarca), situado a una altura de 2640 metros sobre el nivel del mar, con temperatura promedio de 13,2°C y precipitación promedio anual de 631 mm. (30).

De acuerdo a Morales (27), este suelo pertenece a la fase MQa, serie Mosquera con las siguientes características generales: Tipo de suelos con las clases texturales, franca (F), franco-arcillosa (FAR) y/o arcillo-limosa (ARL) y franco-arcillo-limosa (FARL); con drenaje natural "moderadamente bien drenado"; topografía plana (pendiente 0-1%); profundidad efectiva "moderadamente profunda a profunda"; normal y/o ligera a moderadamente salina.

3.2. Diseño Experimental.

Estadísticamente se empleó la matriz "Plan Puebla II", en diseño básico Bloques al azar, con tres repeticiones (35).

El número de tratamientos para esta matriz es igual a la expresión $2^k + 2k + 1$, donde k representa al número de factores experimentales involucrados. Además se incluyó un tratamiento como testigo absoluto para

observar el comportamiento natural del suelo, pero sus datos no se usaron para calcular la superficie de respuesta ni tampoco para incluirlo en el análisis económico dadas las características de la matriz empleada.

Los dos factores experimentales variables fueron la gallinaza de piso y el fósforo cuyos espacios de exploración se pueden observar en la Tabla 1. También se empleó como factor constante el potasio, debido a que las respuestas a este nutrimento son poco frecuentes (10, 23).

TABLA 1. Factores, espacios de exploración y unidades utilizadas en el experimento.

Factor	Espacio de exploración	Unidades
Gallinaza de piso	6,5 - 16,5	Ton./Ha.
P ₂ O ₅	62,5 - 312,5	Kg./Ha.
K ₂ O	30 (constantes)	Kg./Ha.

3.3. Tamaño de Parcela.

El tamaño de las parcelas fue de 5 metros de longitud por cuatro surcos distanciados 90 centímetros entre sí. La separación entre plantas fue 50 centímetros. Para efecto de datos y análisis se cosecharon los surcos centrales obteniendo así un área útil de 9 metros cuadrados.

3.4. Niveles y Tratamientos.

Se estudiaron 5 niveles (Fig. 1) y 10 tratamientos (Tabla 2 y Fig. 2) de los cuales uno fué testigo con ceros absolutos en los dos factores, pero que no entró en la estimación de la superficie de respuesta.

La distribución de los tratamientos en cada replicación o bloque se hizo al azar.

3.5. Aplicación de Abonos.

Tanto la gallinaza como el fósforo se aplicaron a los 15 días después del transplante. La técnica empleada fué la de aplicación en corona a unos 10 centímetros del pié de la planta y a 5 centímetros de profundidad. Todos los tratamientos, excepto los testigos absolutos, llevaron una dosis uniforme de 30 Kg./Ha. de K_2O .

Se utilizó la variedad Zancona, por ser de mayor rendimiento, más resistente a enfermedades, de mayor demanda en el mercado y por estar adaptada a las condiciones de Tibaitatá.

3.6. Fuentes de Fertilizantes.

Como fuente de fósforo se usó el superfosfato triple con 46% de P_2O_5 ; como fuente de potasio se usó el cloruro de potasio del 60% de K_2O y como abono orgánico, gallinaza de piso procedente de la sección de Avicultura del C.N.I.A. Tibaitatá, debidamente descompuesto.

Por gallinaza de piso se entiende la acumulación de estiércol, plu-

mas y residuos de alimentos de aves sobre un material de cama (tamo, virutas, cascarillas, etc.).

TABLA 2. Lista de tratamientos de la Matriz Plan Puebla II, para dos factores: Dosis de fertilización orgánica y fosfórica.

Tratamiento Número	Factor 1	Factor 2	Dosis de Fertilización	
			M.O. (Ton./Ha.)	P ₂ O ₅ (Kg./Ha.)
1	- 0,3	- 0,3	10	150
2	- 0,3	+ 0,3	10	225
3	+ 0,3	- 0,3	13	150
4	+ 0,3	+ 0,3	13	225
5	0	0	11,5	187,5
6	- 0,9	- 0,3	7	150
7	+ 0,9	+ 0,3	16	225
8	- 0,3	- 0,9	10	75
9	+ 0,3	+ 0,9	13	300
10	Testigo <u>1/</u>		0	0

1/ No se usará el testigo para calcular la superficie de respuesta.

3.7. Toma de Datos.

La primera cosecha se efectuó el 28 de Julio, es decir a los 120 días de la siembra y la segunda a los 84 días siguientes. Para esta segunda cosecha no se adicionó ningún fertilizante, ya que el objetivo fué estu-

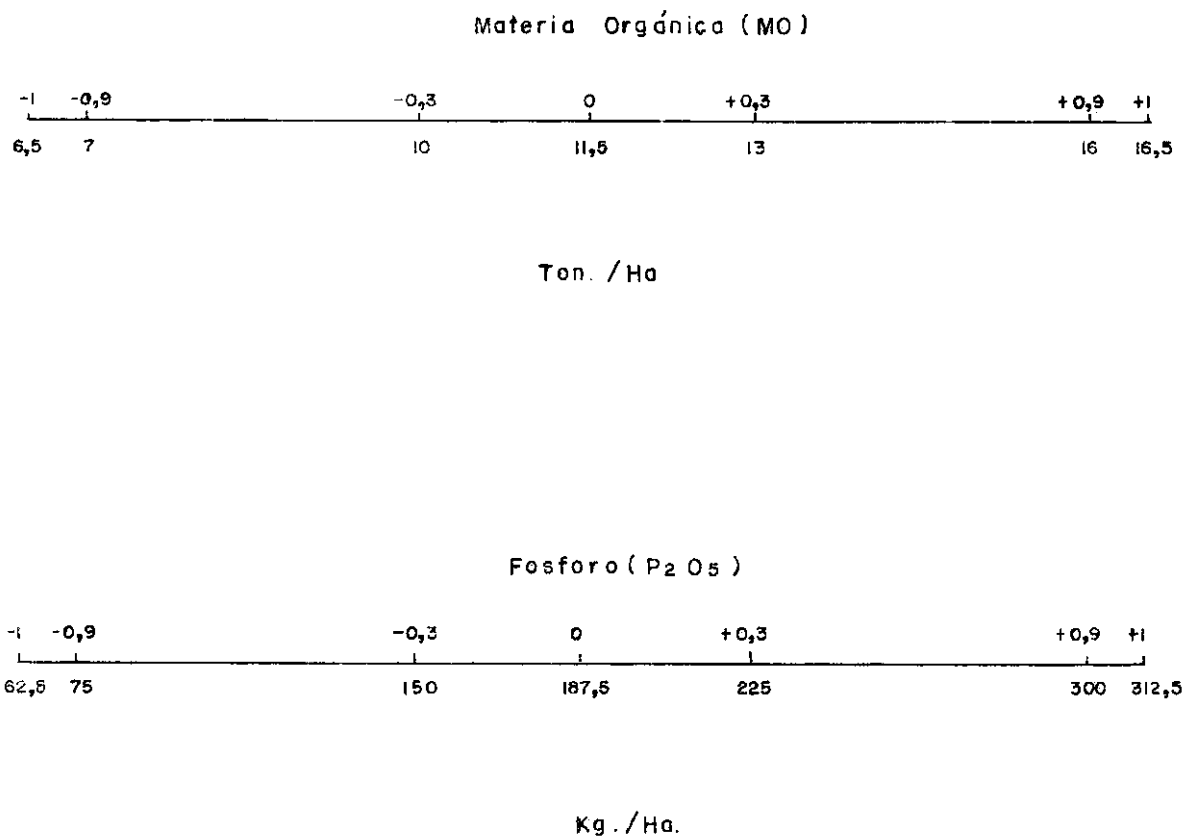


Figura I - MATRIZ EXPERIMENTAL PLAN PUEBLA II, Y SELECCION DE LOS CINCO NIVELES PARA DOS FACTORES: DOSIS DE FERTILIZACION ORGANICA Y FOSFORICA.

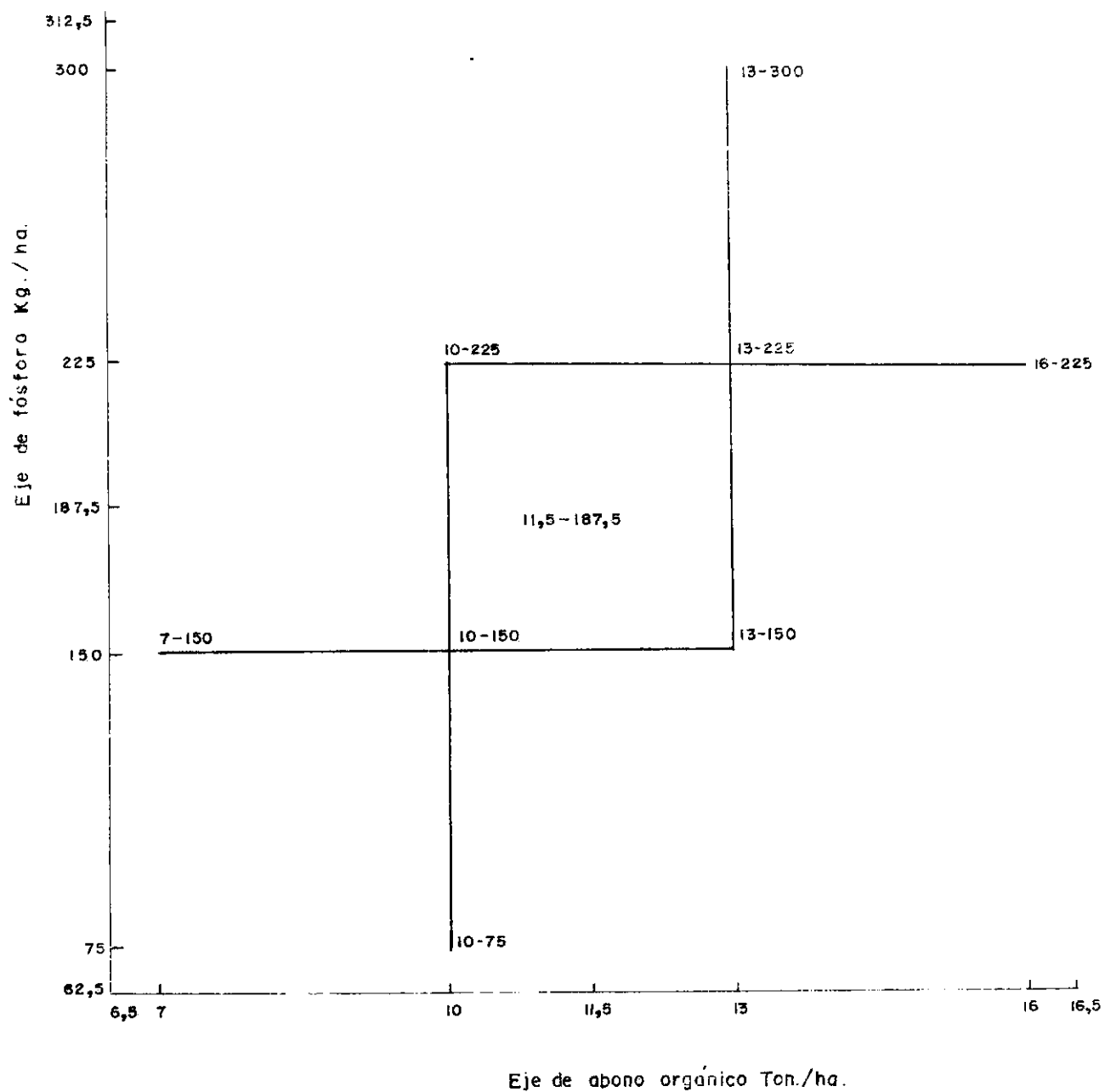


Figura 2 - REPRESENTACION GRAFICA DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA II PARA DOS FACTORES : DOSIS DE FERTILIZACION ORGANICA Y FOSFORICA .

diar el efecto residual de los fertilizantes aplicados.

Después de cada cosecha y de cada una de las parcelas se tomó una planta completa exceptuando la raíz, para análisis de tejidos.

Finalizada la segunda cosecha se tomaron muestras de suelo de 0 a 20 centímetros de profundidad por parcela.

Las labores de cultivo diferentes a la fertilización se ejecutaron de acuerdo a las recomendaciones del Programa de Hortalizas del ICA.

3.8. Procedimiento de Laboratorio.

3.8.1. Análisis de Suelos.

El análisis químico y de textura del suelo se realizó en el laboratorio de suelos del C.N.I.A. Tibaitatá, de acuerdo a los siguientes métodos:

La textura se determinó al tacto, el pH por el método del potenciómetro descrito por Hunter (12) con electrodo de vidrio.

La materia orgánica por el método de Walkley y Black descrito por Jackson (15).

Para la determinación del fósforo aprovechable se empleó el método colorimétrico Bray II (6, 15).

Las bases intercambiables (K, Na, Ca y Mg) por la técnica descrita por Hunter (12) mediante absorción atómica en el espectrofotómetro

Perkin-Elmer, Modelo 303.

3.8.2. Análisis de tejidos vegetales.

Al igual que los suelos, el análisis químico de los tejidos se realizó en el Laboratorio de Suelos del C.N.I.A. Tibaitatá, siguiendo las siguientes técnicas:

El nitrógeno por microkjeldhal (19); el fósforo y magnesio por el método colorimétrico descrito por Lott et al (19), empleando molibdato de amonio y amarillo de thiazole respectivamente.

El potasio, el calcio y los elementos menores se determinaron mediante absorción atómica en el espectrofotómetro Perkin-Elmer, Modelo 303 (28).

3.9. Procedimiento Estadístico.

Como variable dependiente se empleó el rendimiento y como independientes la materia orgánica y P_2O_5 aplicados al suelo.

Con estos datos se realizaron análisis de regresión para cada cosecha en el minicomputador Hewlett Packard 9810A de la División de Estadística y Biometría del ICA con sede en el C.N.I.A. Tibaitatá.

En la Tabla 3 se presentan las variables incluidas en los análisis de regresión.

TABLA 3. Variables incluidas en los análisis de regresión.

Variable	Significado	Unidades
Y	Rendimiento	Ton./Ha.
MO	Gallinaza aplicada	Ton./Ha.
P	P ₂ O ₅ aplicado	Kg./Ha.
MO ²	MO, término cuadrático	(Ton./Ha.) ²
P ²	P ₂ O ₅ , término cuadrático	(Kg./Ha.) ²
MOP	Interacción MO x P ₂ O ₅	

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Propiedades del Suelo.

4.1.1. Al iniciar el ensayo.

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 4, el suelo donde se realizó el ensayo es medianamente ácido y con un contenido de materia orgánica que puede considerarse alto y lo clasifica como un suelo mineral, o sea aquellos en que el contenido de materia orgánica oscila entre 0 y 20%.

Con relación a los contenidos de fósforo y potasio, se observa que son altos, de acuerdo a los niveles establecidos por el Programa de Suelos del ICA para cultivar hortalizas de clima frío y medio (24). Por esta razón es poco probable que se encuentre respuesta a las aplicaciones de fósforo.

Los contenidos de aluminio son bajos, comparados con los límites máximos establecidos, pero relativamente altos si se piensa en la reacción de este elemento con el fósforo para formar compuestos complejos insolubles. La relación Ca:Mg es adecuada y el contenido de sodio aunque en términos de porcentajes individuales aparece un poco alto, no alcanza a representar un problema potencial para el cultivo, debido a que sus niveles de saturación están por debajo del 15% de la capacidad de intercambio catiónico real (Tabla 4).

TABLA 4. Análisis de caracterización del suelo utilizado en el experimento.

Replicación	Textura	pH	M.O. %	P (Bray II) ppm	Al	Ca	Mg	K	Na	CIC*
							m.e./100 gr. de suelo			
1	F - Ar	5,90	6,14	49,9	0,4	11,9	2,34	0,60	3,39	28
2	F - Ar	5,62	6,14	45,7	0,5	13,7	2,84	0,77	3,61	29
3	F - Ar	5,85	6,79	55,4	0,5	13,5	2,93	0,54	3,55	34

* Capacidad de intercambio catiónico real.

4.1.2. Al finalizar el ensayo.

Después de siete meses de la aplicación de los fertilizantes y al cabo de dos cosechas, no se observó ningún efecto de los diferentes tratamientos sobre la reacción del suelo debido muy posiblemente a su relativo alto contenido de materia orgánica que comunica al suelo una capacidad amortiguadora que impide las fáciles variaciones del pH (Tabla 5). Perkins et al (29), encontraron que cuando se añade gallinaza al suelo hay un incremento temporal del pH, posiblemente debido a la liberación de amonio durante la descomposición de la materia orgánica; pero a medida que el amonio es transformado a nitratos por la actividad microbiana, el efecto desaparece.

Con respecto a la materia orgánica se observa que tampoco hubo variaciones notorias, pero si se alcanza a notar una tendencia a aumentar el contenido de la materia orgánica del suelo a medida que se aumentó la dosis aplicada. En cuanto al fósforo en la misma Tabla 5 se puede concluir que casi todo el que se aplicó fué aprovechado por las plantas, fijado por el suelo o transformado en compuestos complejos difícilmente aprovechables en razón a que las cantidades disponibles al cabo de dos cosechas fueron muy semejantes a las iniciales.

De acuerdo con Quintero (30), cuando se aplica materia orgánica con juntamente con fósforo, se presenta una disminución en el fósforo aprovechable debido a que pasa a formas orgánicas quedando retenido o inmobilizado. Fuera de lo anterior, otra parte del fósforo aplicado reacciona con el hierro y aluminio para formar compuestos insolubles.

TABLA 5. Textura, reacción del suelo, contenido de materia orgánica y fósforo aprovechable de los suelos correspondientes a los diferentes tratamientos al finalizar el experimento en el campo (promedio de 3 replicaciones).

Tratamiento		Textura	pH	M.O. %	P (Bray II) ppm
M.O. *	P ₂ O ₅ **				
7	150	F - Ar	5,81	6,21	44,46
10	75	F - Ar	5,81	5,85	48,06
10	150	F - Ar	5,76	6,10	41,93
10	225	F - Ar	5,88	6,10	48,33
11,5	187,5	F - Ar	5,90	5,77	45,73
13	150	F - Ar	5,90	5,95	43,40
13	225	F - Ar	5,92	6,24	57,33
13	300	F - Ar	5,86	6,50	49,63
16	225	F - Ar	5,88	6,39	46,03
0	0	F - Ar	5,95	6,35	41,90

* Materia orgánica en Ton./Ha.

** P₂O₅ en Kg./Ha.

La alta fijación de fósforo en estos suelos es probablemente una causa para que no haya efecto residual a las aplicaciones del elemento. Sin embargo, al comparar los tratamientos con igual nivel de fósforo, pero incrementados en el nivel de materia orgánica, se percibe la tendencia a aumentar el contenido de fósforo aprovechable en el suelo, probablemente debido a la mineralización del fósforo orgánico contenido en la gallinaza.

De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 6, los contenidos de calcio y potasio disminuyeron al cabo de dos cosechas, debido a que fueron tomados por el cultivo y a pérdidas por lixiviación con el agua de drenaje. En cuanto a los contenidos de magnesio y sodio se observa que aumentaron posiblemente debido a que estaban presentes en la gallinaza aplicada, (Tabla 7), lo cual se corrobora con la tendencia mostrada al incrementar los niveles de materia orgánica. En general los requerimientos de magnesio por las plantas son inferiores a los de calcio.

En razón a la disminución en el contenido de calcio y al aumento en el contenido de magnesio, la relación Ca:Mg disminuye (Tabla 6), en comparación al estado inicial del suelo donde alcanzaba niveles cercanos a 5. También se encontró que la capacidad de intercambio catiónico real del suelo aumentó en forma general para todos los tratamientos debido al pequeño incremento en el contenido de materia orgánica que comunica al suelo una mayor capacidad de intercambio por sus propiedades de coloide orgánico.

TABLA 6. Contenido de bases intercambiables y relación Ca/Mg, de los suelos correspondientes a los diferentes tratamientos, después de dos cosechas (promedio de 3 repeticiones).

<u>Tratamiento</u>		<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>K</u>	<u>Na</u>	<u>Ca/Mg</u>	<u>CIC*</u>
<u>M.O.</u>	<u>P₂O₅</u>	<u>m.e./100 gr de suelo</u>					
7	150	11,34	3,31	0,58	4,40	3,43	33,33
10	75	11,76	3,49	0,56	3,59	3,37	33,00
10	150	11,73	3,27	0,54	3,74	3,36	32,33
10	225	11,33	3,37	0,46	3,73	3,36	31,67
11,5	187,5	11,06	3,40	0,56	4,07	3,25	34,50
13	150	11,69	3,57	0,55	3,83	3,27	36,70
13	225	11,70	3,52	0,62	3,81	3,32	33,00
13	300	10,94	3,36	0,45	4,23	3,25	34,00
16	225	11,97	3,61	0,77	4,08	3,32	34,00
0	0	11,15	3,49	0,44	4,24	3,19	35,66

* Capacidad de intercambio catiónico real.

4.2. Análisis del Abono Orgánico y Tejidos de las Plantas.

4.2.1. Contenido de nutrimentos en la gallinaza.

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 7 para la composición de la gallinaza empleada en el ensayo; cuando se aplica una tonelada de ella al suelo se incorporan 18.6, 20.15, 34.21 y 9.66 kilogramos de N, P_2O_5 , K_2O y CaO por hectárea respectivamente. Es decir que cuando se aplicó el tratamiento máximo (16 Ton. de gallinaza y 225 Kg. de P_2O_5) realmente se adicionaron al suelo: 297,6 Kg. de nitrógeno, 547,4 Kg. de P_2O_5 y 547,4 Kg. de K_2O .

TABLA 7. Composición de la gallinaza empleada en el experimento.

Elemento	Contenido	Unidades
N	1,86	%
P	0,88	%
K	2,84	%
Ca	0,69	%
Mg	0,70	%
Na	0,40	%
Mn	290,00	ppm
Fe	581,00	ppm
Cu	53,00	ppm
Zn	250,00	ppm
Humedad	16,35	%

4.2.2. Análisis de tejidos. Primer cosecha.

Conforme a los resultados obtenidos en el análisis químico (Tabla 8) el nitrógeno es el elemento presente en mayor cantidad en los tejidos de la cebolla de rama lo cual está relacionado con el carácter botánico de la planta. Según Higuera (10), la cebolla es botánicamente una hoja modificada y las hortalizas de hoja responden a las aplicaciones de nitrógeno con lo cual su absorción y contenido en los tejidos es mayor, representado lógicamente en compuestos orgánicos como aminoácidos, proteínas y enzimas.

Con respecto al potasio, se observa es el segundo elemento en contenido en los tejidos, lo que es normal pues este catión es generalmente el más abundante en las células de las plantas y de gran importancia en la conservación de la organización de la célula, la hidratación y la permeabilidad, afectando directa o indirectamente a los sistemas enzimáticos (22). Por su parte el fósforo y el magnesio ocupan respectivamente el tercer y cuarto puesto de los nutrimentos absorbidos por esta hortaliza y puede notarse para el caso específico del fósforo cierta tendencia a incrementar su consumo cuando se aumenta su concentración en la solución del suelo por aplicaciones mayores de superfosfato triple.

En forma general el contenido promedio de macroelementos en los tejidos es mayor para los diferentes tratamientos en comparación con el testigo absoluto lo cual era lógico esperar por su mayor disponibilidad en el suelo (Tabla 8).

Con respecto a la absorción de elementos menores, Tabla 9, fué mayor el hierro y menor para el cobre y al igual que para el caso de los macroelementos el promedio general de absorción fué mayor para los diferentes tratamientos en comparación con el testigo absoluto.

TABLA 8. Contenidos totales de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio presentes en los tejidos de cebolla de rama, primer cosecha (promedio de tres replicaciones).

Tratamiento		N	P	K	Ca	Mg
M.O.*	P ₂ O ₅ **	Porcentaje (%)				
7	150	3,35	0,38	2,11	0,08	0,28
10	75	3,35	0,37	2,14	0,08	0,35
10	150	3,61	0,41	2,26	0,08	0,25
10	225	3,33	0,38	2,27	0,09	0,27
11,5	187,5	3,54	0,39	2,76	0,08	0,26
13	150	3,42	0,39	2,23	0,09	0,28
13	225	3,70	0,40	2,29	0,09	0,30
13	300	3,34	0,41	2,56	0,08	0,29
16	225	3,51	0,39	2,32	0,08	0,29
0	0	3,38	0,36	2,00	0,09	0,29
Promedio general (sin testigo)		3,46	0,39	2,33	0,08	0,29

* Materia orgánica en Ton./Ha.

** P₂O₅ en Kg./Ha.

TABLA 9. Contenido total de algunos elementos menores en los tejidos de cebolla de rama, primer cosecha (promedio de tres repeticiones).

Tratamiento		Fe	Zn	Mn	Cu
M.O.*	P ₂ O ₅ **	Partes por millón (ppm)			
7	150	162,00	78,33	26,33	14,00
10	75	153,33	81,33	24,33	12,00
10	150	187,00	85,00	23,67	14,30
10	225	143,66	76,67	20,67	12,70
11,5	187,5	148,67	77,00	25,67	17,33
13	150	170,33	81,33	27,33	11,67
13	225	181,67	78,33	25,00	13,67
13	300	156,67	79,33	26,33	11,67
16	225	146,67	78,00	24,00	14,67
0	0	151,33	70,67	21,33	13,50
Promedio general (sin testigo)		161,11	79,48	24,81	13,56

* Materia orgánica en Ton./Ha.

** P₂O₅ en Kg./Ha.

4.2.3. Análisis de tejidos. Segunda cosecha.

El contenido promedio para los diferentes nutrimentos en los tejidos correspondientes a la segunda cosecha (Tablas 10 y 11), mostró en general proporciones semejantes a las obtenidas en la primera, con excepción del cobre que incrementó su contenido debido posiblemente a una mayor disponibilidad en la solución del suelo, pues durante el período correspondiente a la primer cosecha pudo ser precipitado por compuestos orgánicos producidos durante la descomposición de la materia orgánica aplicada (22).

Es probable que la disminución en la absorción de nutrimentos haya sido afectada por la cantidad de agua presente en el suelo durante la segunda fase del cultivo, pues de acuerdo con los datos suministrados por la Sección de Meteorología* durante el período vegetativo correspondiente a la primer cosecha (Marzo 26 - Julio 26), la precipitación acumulada fué 235,9 mm., mientras que para la segunda cosecha (Julio 27 - Octubre 18), la precipitación acumulada fue 95,5 mm. (Gráfica 3). En razón a lo anterior se pudo presentar en el suelo una alta concentración de nutrimentos en la zona de las raíces aumentando la presión osmótica de la planta e inhibiendo en parte la absorción de agua y minerales (20). Es de esperar que por esta misma causa los rendimientos hayan disminuído para la segunda cosecha debido a que las condiciones presentadas pudieron haber afectado la respuesta normal de las plantas.

* Programa de recursos de agua y tierra. Sección de Meteorología. ICA-Tibaitatá, 1976.

TABLA 10. Contenidos totales de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio presentes en los tejidos de cebolla de rama, segun da cosecha (promedio de tres replicaciones).

Tratamiento		N	P	K	Ca	Mg
M.O.*	P ₂ O ₅ **					
Porcentaje (%)						
7	150	2,98	0,34	1,38	0,08	0,26
10	75	2,89	0,40	1,53	0,07	0,26
10	150	3,16	0,40	1,65	0,09	0,29
10	225	3,01	0,36	1,60	0,08	0,26
11,5	187,5	3,36	0,37	1,91	0,07	0,28
13	150	2,92	0,34	1,84	0,07	0,26
13	225	3,07	0,39	1,90	0,06	0,26
13	300	3,25	0,36	2,06	0,08	0,26
16	225	3,35	0,41	1,91	0,06	0,26
0	0	2,99	0,33	1,15	0,07	0,27
Promedio general (sin testigo)		3,11	0,37	1,75	0,07	0,27

* Materia orgánica en Ton./Ha.

** P₂O₅ en Kg./Ha.

TABLA 11. Contenido total de algunos elementos menores en los tejidos de cebolla de rama, segunda cosecha (promedio de tres replicaciones).

Tratamiento		Fe	Zn	Mn	Cu
M.O.*	P ₂ O ₅ **	Partes por millón (ppm)			
7	150	104,33	71,33	21,67	16,67
10	75	161,00	79,00	25,33	17,67
10	150	115,00	80,33	21,33	16,33
10	225	123,33	77,33	22,33	20,67
11,5	187,5	124,50	71,00	25,67	17,50
13	150	100,50	72,67	20,67	15,50
13	225	117,67	74,33	23,33	19,67
13	300	112,00	79,00	25,50	23,50
16	225	138,33	76,33	21,33	19,50
0	0	105,00	66,50	23,00	16,67
Promedio general (sin testigo)		121,85	75,70	23,02	18,56

* Materia orgánica en Ton./Ha.

** P₂O₅ en Kg./Ha.

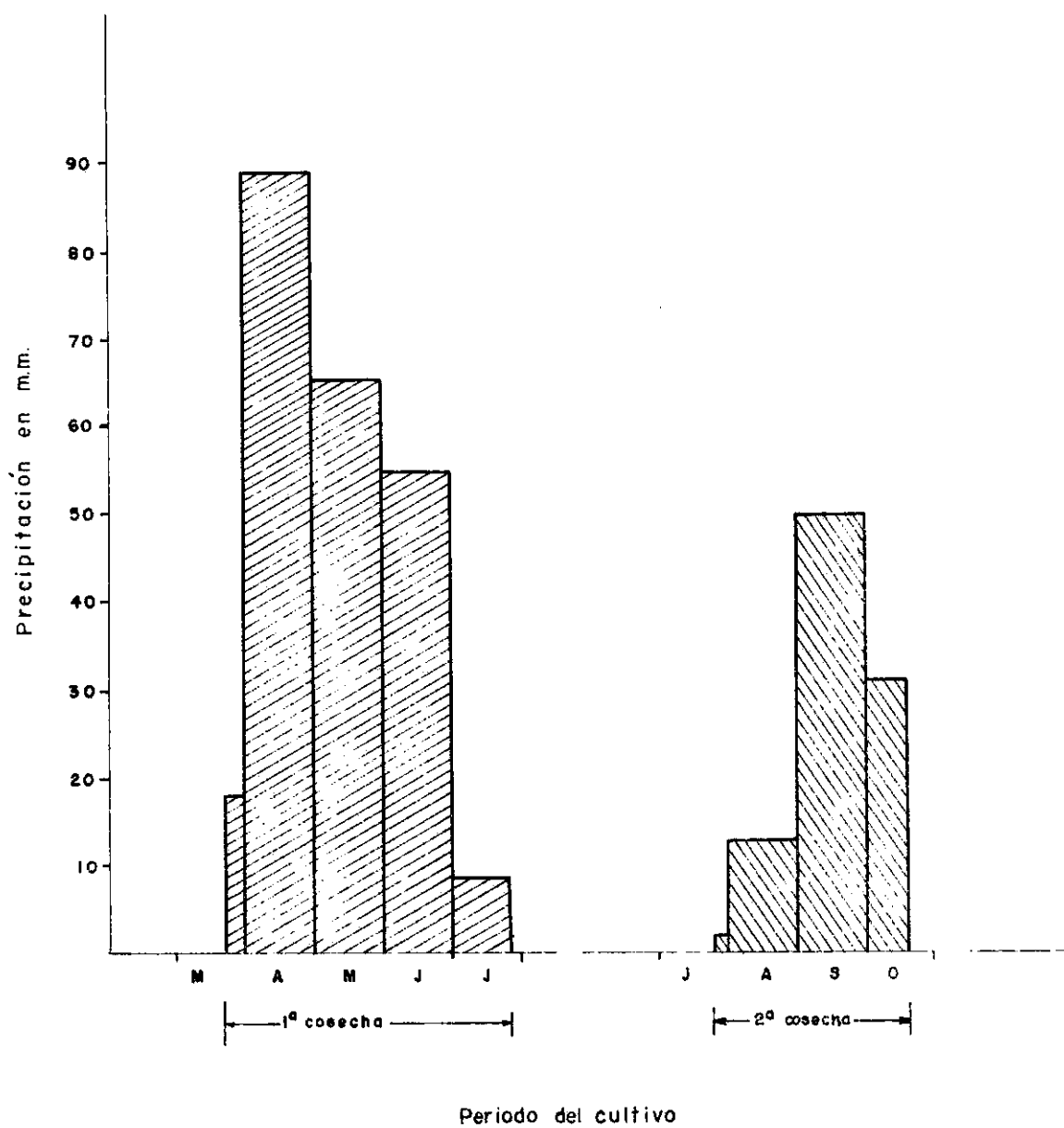


Figura 3 - PRECIPITACION MENSUAL DURANTE LOS DOS PERIODOS DE COSECHA PARA EL CULTIVO DE LA CEBOLLA DE RAMA.

4.3. Efecto de la Gallinaza y el Fósforo sobre el Rendimiento.

4.3.1. Primer cosecha.

Los rendimientos obtenidos en la primer cosecha al aplicar los diferentes dosis de fertilizantes se observan en la Tabla 12. Los máximos rendimientos (19,06 Ton./Ha.) se obtuvieron con el tratamiento de 10 toneladas de gallinaza y 150 kilos de P_2O_5 por hectárea y los más bajos rendimientos (15,23 Ton./Ha.) se registraron con el tratamiento de 16 toneladas de gallinaza y 225 kilos de P_2O_5 por hectárea; aunque en forma general no se alcanza a percibir una tendencia definida en el rendimiento como efecto de los diferentes tratamientos.

De acuerdo a lo analizado en la sección 4.1.1., las respuestas a la aplicación de fósforo eran muy poco probables por los altos contenidos presentes en el suelo antes de iniciar el experimento, por tanto es de esperar que los aumentos en rendimiento se hayan debido principalmente a efectos de la gallinaza aplicada, dada su compleja composición.

Aunque por las características de la matriz empleada no era necesario incluir el testigo con ceros absolutos, se sembró con el propósito de determinar el comportamiento natural del suelo. El rendimiento promedio general de los tratamientos superó al rendimiento promedio del testigo absoluto (Tabla 12).

TABLA 12. Respuesta de la cebolla de rama, a las aplicaciones de gallinaza y fósforo. Primer cosecha (promedio de tres replicaciones).

Tratamientos		Rendimiento Ton./Ha.
M.O.*	P ₂ O ₅ **	
7	150	15,76
10	75	17,69
10	150	19,06
10	225	17,87
11,5	187,5	16,83
13	150	18,26
13	225	18,52
13	300	16,41
16	225	15,23
0	0	16,46
Promedio general (sin testigo)		17,29

* Materia orgánica en Ton./Ha.

** P₂O₅ en Kg./Ha.

4.3.2. Segunda cosecha. Efecto residual.

Como se observa en la Tabla 13, los rendimientos obtenidos en la segunda cosecha disminuyeron para todos los tratamientos en relación a los obtenidos en la primera. Esta disminución en el rendimiento fué altamente significativa (Tabla 14) y pudo ser causada en parte por los factores analizados en la sección 4.2.3.

Al igual que en la primer cosecha no se alcanza a percibir una tendencia definida en el rendimiento como consecuencia de los diferentes tratamientos.

En esta segunda cosecha se observó que el promedio general del testigo absoluto también fué menor que el promedio general de los tratamientos lo que permite deducir que hubo un pequeño efecto residual de los fertilizantes aplicados. Ello se corrobora por el hecho de que a excepción del tratamiento 7 - 150, todos los demás superaron al testigo.

Basados en estos resultados y mirando el aspecto económico sería conveniente la aplicación de gallinaza después de cada cosecha.

4.4. Análisis Estadístico de las Superficies de Respuesta.

Con el propósito de encontrar el modelo estadístico o forma de respuesta que representara más fielmente los resultados obtenidos en el campo, se efectuaron cuatro regresiones múltiples que incluyeron las funciones cuadrática y raíz cuadrada con y sin interacción entre la materia orgánica y fósforo aplicados.

TABLA 13. Respuesta de la cebolla de rama al efecto residual de la gallinaza y fósforo aplicados. Segunda cosecha (promedio de tres replicaciones).

Tratamientos		Rendimiento Ton./Ha.
M.O.*	P ₂ O ₅ **	
7	150	10,27
10	75	12,87
10	150	10,33
10	225	13,67
11,5	187,5	12,78
13	150	11,44
13	225	10,74
13	300	10,96
16	225	11,00
0	0	10,28
Promedio general (sin testigo)		11,55

* Materia orgánica en Ton./Ha.

** P₂O₅ en Kg./Ha.

TABLA 14. Prueba de t para comparar los rendimientos promedios obtenidos en las dos cosechas sucesivas.

Cosecha	Rendimiento \bar{X} (Ton./Ha.)	Variancia s^2	$S_{\bar{d}}$	t_c
Primera	17,29	3,438		
			0,4115	13,948**
Segunda	11,55	1,136		

** Altamente significativo al 1%.

Para la selección del modelo final se tuvo en cuenta el valor del coeficiente de determinación (R^2), la varianza de la regresión, la significancia de los coeficientes, la significancia de la ecuación y los signos de los coeficientes (11).

Respaldados en los anteriores valores o criterios de decisión, se seleccionó el modelo cuadrático sin interacción entre los dos factores variables en estudio (Tabla 15), es decir que los factores se comportaron como aditivos (35). En esta ecuación el valor del coeficiente de determinación fué alto (0,724), lo cual indica que el 72% de la variación observada en rendimiento se explica por las variables independientes en el modelo: gallinaza y fósforo.

Aunque la prueba de significancia de la ecuación completa y de los coeficientes combinados no dió significativa al nivel del 5%, (pero sí al nivel 19%), se puede observar que el nivel de significancia de los coeficientes de la materia orgánica en sus efectos lineal y cuadrático son significativos al 5% (Tabla 15), lo que nos confirma que la gallinaza aplicada fué la que más influyó en los rendimientos para la primer cosecha.

Para la segunda cosecha, se seleccionó nuevamente el modelo cuadrático sin interacción. Como se observa en la Tabla 16, el valor del coeficiente de determinación fué muy bajo o sea que el 78% de la variación en el rendimiento se debió a factores diferentes a las variables independientes en estudio.

TABLA 15. Ecuación de regresión del rendimiento, valores de t y nivel de significancia obtenido (primer cosecha).

Variable independiente	Coefficiente de regresión	Valor de t	Nivel de significancia
Intercepto	- 0,30935	- 0,052	
M.O.	2,70605	2,972	0,04 *
P ₂ O ₅	0,01931	0,801	0,46
M.O. ²	- 0,11819	- 3,020	0,04 *
P ₂ O ₅ ²	- 0,00006	- 1,037	0,36
MOP ₂ O ₅	-	-	-
R ² = 0,724		F _c = 2,62	N.S.

* Nivel de significancia al 5%.

TABLA 16. Ecuación de regresión del rendimiento, valores de t y el nivel de significancia obtenido (segunda cosecha).

Variable independiente	Coefficiente de regresión	Valor de t	Nivel de significancia
Intercepto	3,32750	0,3553	
MO	1,39432	0,9642	0,39
P ₂ O ₅	- 0,0033	- 0,0862	0,93
MO ²	- 0,06108	- 0,9828	0,38
P ₂ O ₅ ²	0,0000026	0,0264	0,98
MOP ₂ O ₅	-	-	-
R ² = 0,223		F _c = 0,287 N.S.	

Igualmente, para esta segunda cosecha fueron bajos los niveles de significancia para los coeficientes de las variables bajo estudio.

4.5. Conclusiones del Análisis y Recomendaciones Optimo-Económicas.

Como la ecuación de regresión calculada para la primer cosecha fué la que presentó mejor ajuste y representó más fielmente el fenómeno estudiado, es la que realmente interesa desde el punto de vista económico, por tanto será la que se utilizará para efectuar los análisis agroeconómicos y dar las recomendaciones para la obtención de rendimientos máximos, físicos y óptimos económicos.

La ecuación de regresión es la siguiente:

$$Y = -0,30935 + 2,70605 (MO) + 0,01931 (P_2O_5) - 0,11819 (MO)^2 - 0,00006 (P_2O_5)^2$$

4.5.1. Rendimientos máximos.

Los rendimientos máximos se obtienen cuando se deriva parcialmente a Y (rendimiento), con respecto a M.O. y a P_2O_5 e igualan a cero estas derivadas parciales; es decir cuando se cumple el principio $\frac{d Y}{d X} = 0$.

$$a) \frac{d Y}{d MO} = 2,70605 - 0,23638 (MO) = 0$$

$$b) \frac{d Y}{d P_2O_5} = 0,01931 - 0,00012 (P_2O_5) = 0$$

Resolviendo este par de ecuaciones simultáneas se encontraron los siguientes valores de materia orgánica y P_2O_5 por hectárea:

$$MO = 11,45 \text{ Ton./Ha.}$$

$$P_2O_5 = 160,92 \text{ Kg./Ha.}$$

En las Figuras 4 y 5 se observa el comportamiento de la cebolla de rama a las aplicaciones de materia orgánica y fósforo, apreciándose que los mejores efectos los presentó la gallinaza.

4.5.2. Rendimiento óptimo-económico.

Para calcular el rendimiento óptimo-económico o sea aquél punto en que el agricultor obtiene los máximos beneficios económicos, se igualan las derivadas parciales de Y con respecto a M.O. y a P_2O_5 , a la relación de precios de los insumos con el precio del producto; es decir cuando se cumple el principio $\frac{d Y}{d X} = \frac{P_x}{P_y}$

El precio de los insumos y producto utilizados en los cálculos fueron:

Kilo de gallinaza de piso.....	\$	1,25
Kilo de fósforo (P_2O_5).....		17,00
Kilo de cebolla de rama (Mercado Mayorista).....		15,00

El precio de la gallinaza de piso se obtuvo como promedio del valor pagado por los agricultores en Aquitania (Boyacá) y el valor aproximado como fertilizante según cálculos efectuados por Rendón (31).

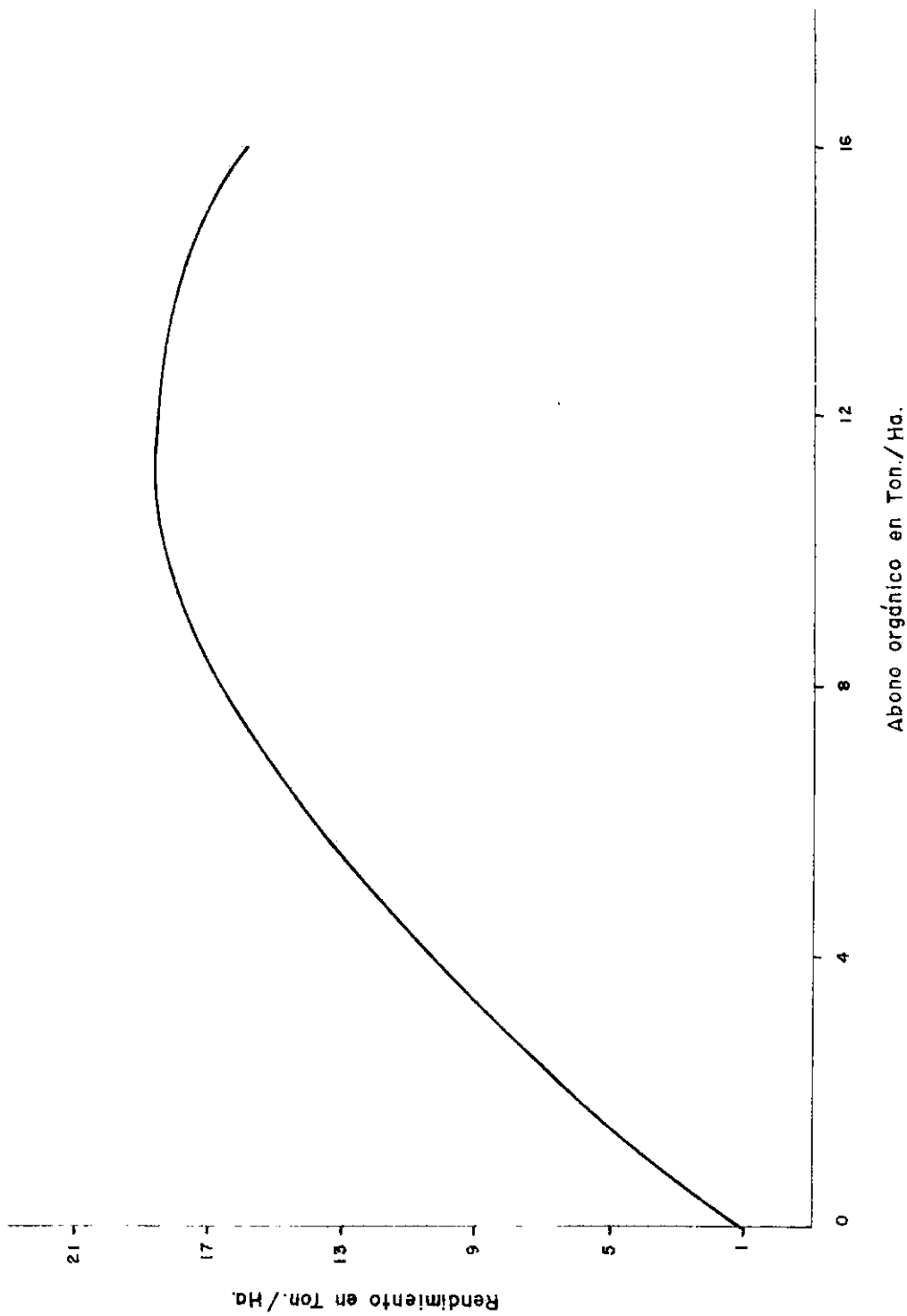


Figura 4 - EFECTO DE LA GALLINAZA SOBRE EL RENDIMIENTO DE LA CEBOLLA DE RAMA EMPLEANDO 160,92 Kg. DE P₂O₅ POR HECTAREA.

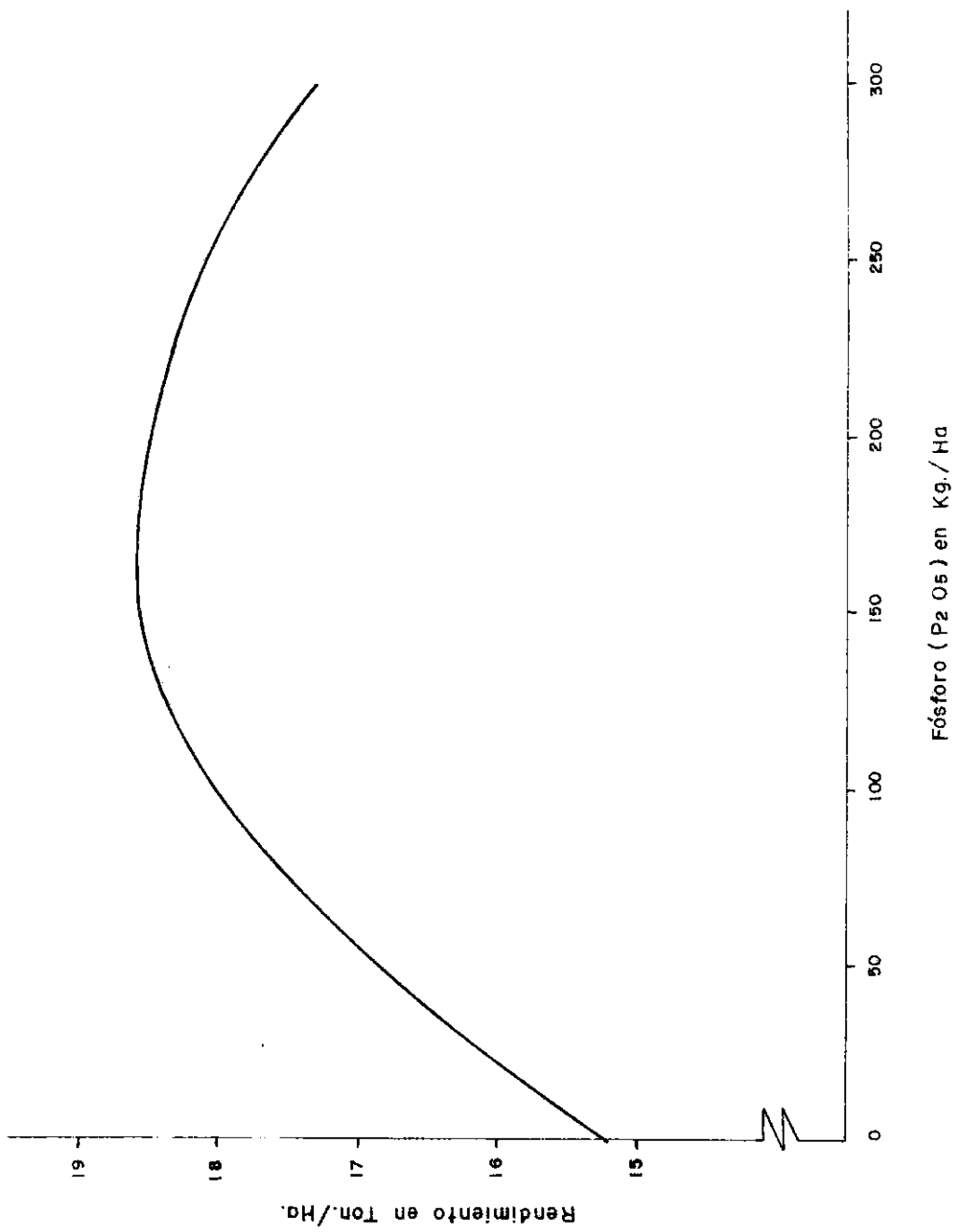


Figura 5 -- EFECTO DEL FOSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO DE LA CEBOLLA DE RAMA APLICANDO 11,45 TONELADAS DE GALLINAZA (MO) POR HECTAREA.

Igualando las dos ecuaciones obtenidas en la sección 4.5.1. a las relaciones respectivas de precios factor/producto, se obtiene dos ecuaciones simultáneas con dos incógnitas: M.O. y P_2O_5 , cuya solución correspondería a la combinación óptima económica de materia orgánica y de fósforo, cuando no hay restricciones de capital. Pero como la dosis óptimo-económica para el fósforo resulta negativa, es necesario efectuar la interpretación gráfica que para estos casos contemplan las matrices Plan Puebla (35), y que se basan en el principio de que el método Baco-niano y el método matemático conducen a la misma solución cuando no hay interacción entre factores, es decir, cuando los factores se comportan como aditivos (Ver sección 4.4).

En las Figuras 6 y 7 se muestra por separado la respuesta de la cebolla de rama a la gallinaza y al fósforo. La curva marcada MO-150, en la Figura 6, representa la respuesta de la cebolla a la gallinaza cuando hay constante 150 kilos de P_2O_5 . Igualmente en la Figura 7, la curva 10 - P_2O_5 , representa la respuesta de la cebolla al fósforo cuando hay constante 10 toneladas de gallinaza.

Finalmente, para determinar el óptimo-económico de utilización de la gallinaza y del fósforo, obtenemos la pendiente de la relación de precios factor/producto, que para el caso de la gallinaza fué 0,0833 y para el fósforo 1,1333. Al trazar la línea pendiente en las Figuras 6 y 7 y encontrar el punto en que las curvas tienen la misma tangente que la relación de precios factor/producto, determinamos la combinación por hectárea que más se aproxima a la combinación óptimo-económica de capital

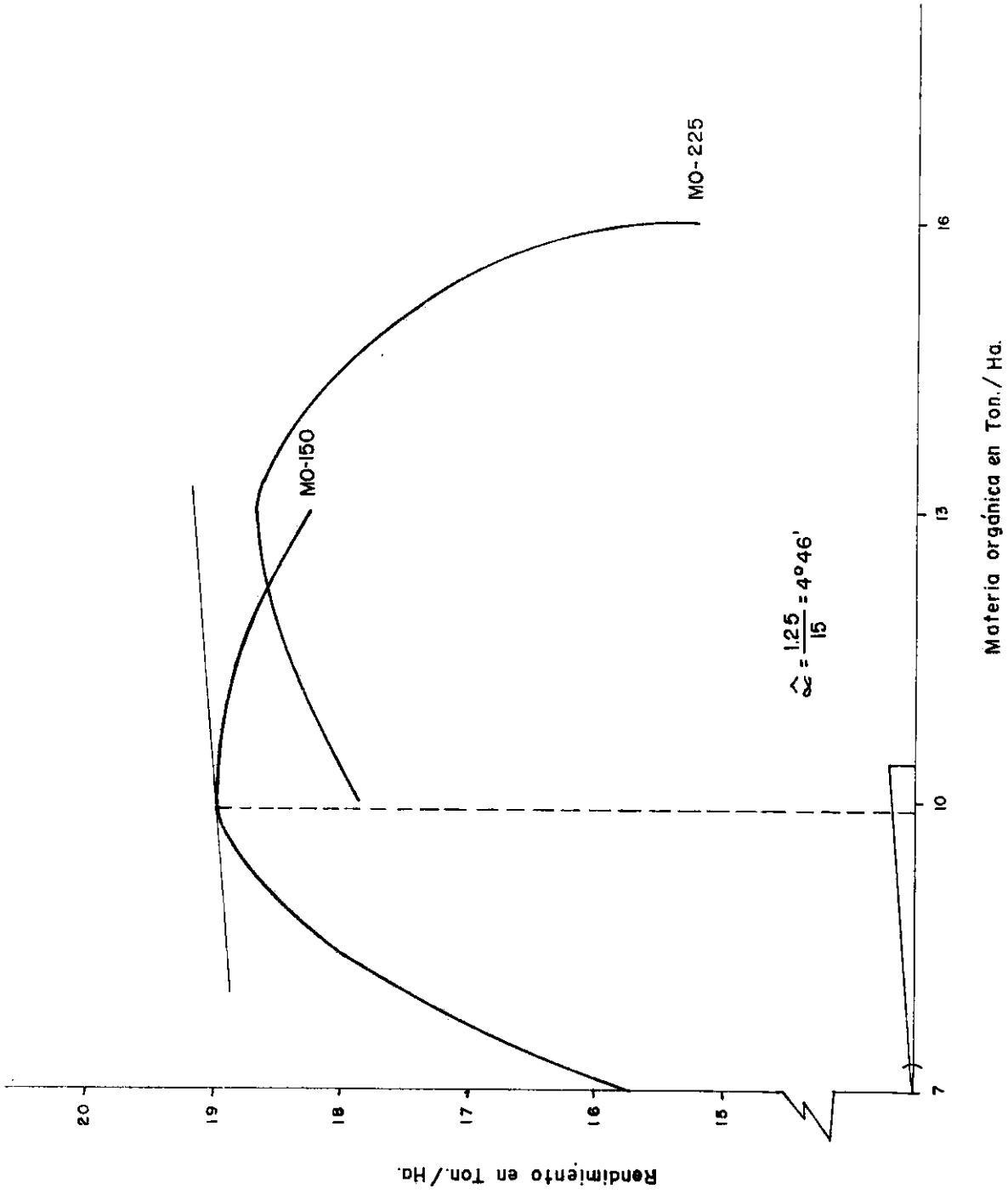


Figura 6 - SOLUCION GRAFICA PARA DETERMINAR EL OPTIMO ECONOMICO DE CAPITAL ILIMITADO, EN LA RESPUESTA DE LA CEBOLLA DE RAMA A LAS APLICACIONES DE GALLINAZA.

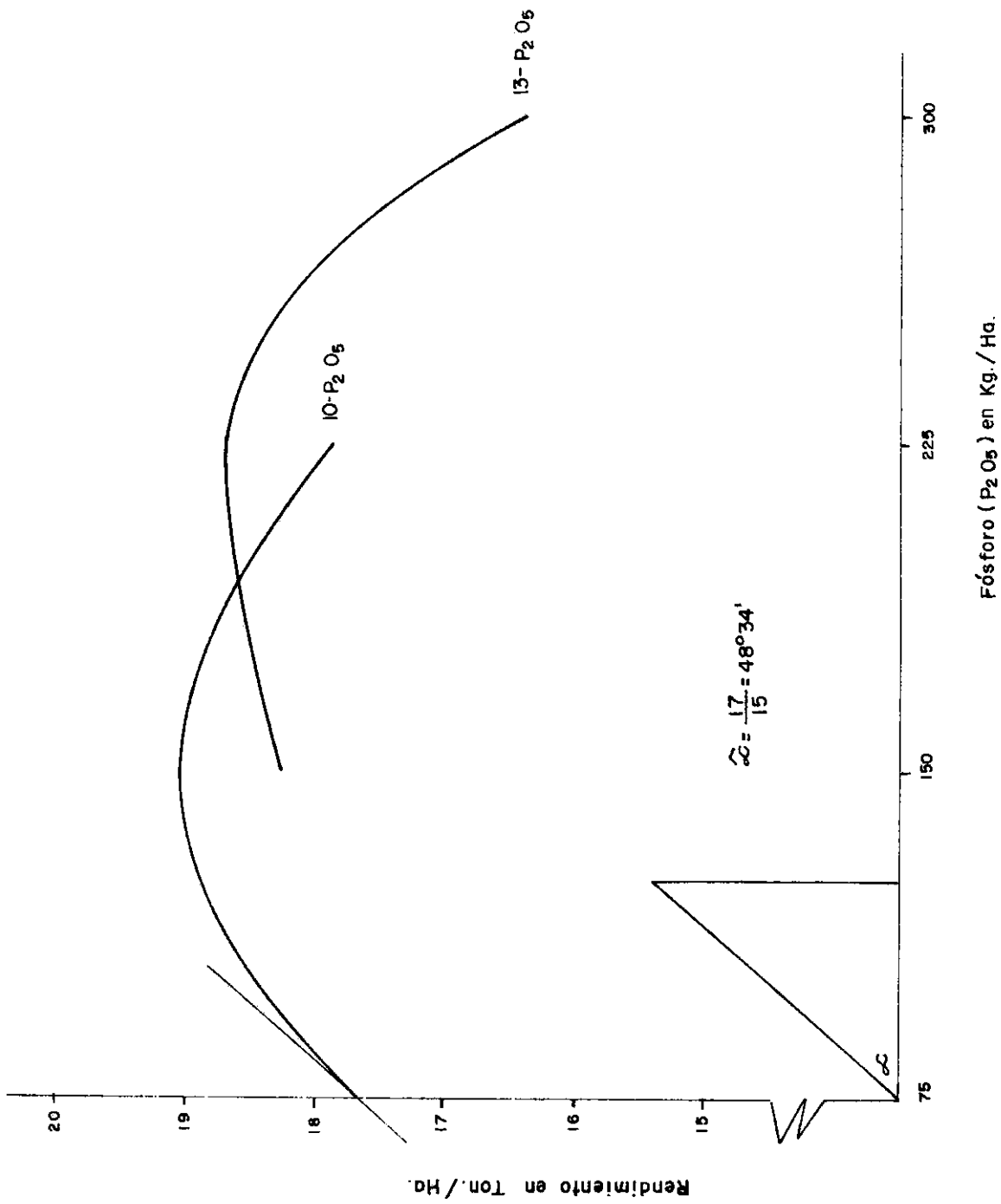


Figura 7 - SOLUCION GRAFICA PARA DETERMINAR EL OPTIMO ECONOMICO DE CAPITAL ILIMITADO, EN LA RESPUESTA DE LA CEBOLLA DE RAMA A LAS APLICACIONES DE FOSFORO (P₂O₅)

ilimitado, que para el caso fueron:

$$MO = 9.9 \text{ ton./Ha.}$$

$$P_2O_5 = 75 \text{ Kg./Ha.}$$

Al calcular el ingreso neto obtenido con la combinación de factores para obtener máximos rendimientos físicos y con la combinación óptimo económica, concluimos que efectivamente esta última combinación es la más económica (Tabla 17). Se tomó como base un costo fijo por hectárea de \$ 18.000 pesos.

TABLA 17. Rendimientos e ingreso neto correspondientes a las dosis de óptima y máxima producción en comparación con el testigo absoluto.

<u>Tratamiento</u>		Rendimiento (Ton./Ha.)	IB	CT	IN
M.O.	P ₂ O ₅				
9,9	75 *	18,375	275625	31775	243850
11,45	160,92 **	18,592	278880	35048	243832
0	0	16,46	246900	18000	228900

* Combinación óptimo económica

** Combinación para obtener máximos físicos.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye:

1. En base a las determinaciones de laboratorio, no se observó efecto de los tratamientos sobre el pH. Estos suelos tienen una alta capacidad buffer.
2. Cuando se incrementa la aplicación de gallinaza, hay tendencia a aumentar el contenido de fósforo aprovechable en el suelo, debido a la mineralización del fósforo orgánico contenido en ella.
3. Las aplicaciones de materia orgánica al suelo, aumentaron la capacidad de intercambio catiónico real.
4. En general el contenido promedio de nutrimentos en los tejidos aumenta como efecto de los diferentes tratamientos por su mayor disponibilidad en el suelo.
5. Hay tendencia a incrementar el consumo de fósforo cuando se aumenta su concentración en la solución del suelo por aplicaciones mayores de superfosfato triple.
6. Para la segunda cosecha disminuyó la absorción de nutrimentos por la planta, lo cual pudo estar relacionado con la menor disponibili

dad de agua en el suelo durante el correspondiente ciclo vegetativo.

7. Con respecto al rendimiento en la primer cosecha, hubo poca respuesta a las aplicaciones de fósforo por los altos contenidos presentes en el suelo antes de iniciar el ensayo; por lo tanto los aumentos en rendimiento se debieron principalmente a efectos de la gallinaza aplicada.
8. La gallinaza aplicada influyó significativamente en los rendimientos para la primera cosecha.
9. En la segunda cosecha los rendimientos disminuyeron para todos los tratamientos en forma altamente significativa en comparación con la primer cosecha. A pesar de esta disminución se notó un pequeño efecto residual de los fertilizantes aplicados, que pudo ser debido a la materia orgánica principalmente.
10. Bajo condiciones ecológicas de suelo y variedad similares a las del presente estudio, la máxima producción de cebolla de rama se obtiene con aplicaciones de 11,45 toneladas de gallinaza por hectárea y 160,92 kilogramos de P_2O_5 por hectárea. El óptimo económico con 9,9 toneladas de gallinaza y 75 kilogramos de P_2O_5 por hectárea.

6. RESUMEN

Con el propósito de encontrar el efecto de la fertilización orgánica y fosfórica sobre la producción de la cebolla de rama (Allium fistulosum L.), se realizó una investigación en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, ICA, el cual está localizado en Mosquera (Cundinamarca) a una altura de 2640 metros sobre el nivel del mar, con temperatura promedio de 13,2°C y precipitación promedial anual de 631 milímetros.

Los objetivos buscados fueron:

1. Determinar el efecto de la fertilización orgánica y fosfórica, en la producción de cebolla de rama.
2. Determinar los niveles económicamente óptimos de utilización para cada elemento fertilizante: Gallinaza y fósforo (P_2O_5).
3. Medir el efecto residual de la gallinaza y fósforo aplicados sobre el rendimiento.
4. Dar, a los productores de cebolla, recomendaciones sobre la utilización de abono orgánico y fosfórico, en base a los resultados y considerando las condiciones ecológicas, de suelo y la variedad a usar.
5. Determinar el efecto de la gallinaza y fósforo aplicados sobre el pH, el fósforo, la capacidad de intercambio catiónico y contenido de nu-

trimentos en los tejidos.

El suelo donde se realizó el ensayo era medianamente ácido, con alto contenido de materia orgánica y fósforo aprovechable además de adecuados contenidos de bases intercambiables.

Como diseño de tratamientos se empleó la matriz "Plan Puebla II", en diseño básico bloques al azar, con tres repeticiones. Los dos factores experimentales variables fueron la gallinaza de piso y el fósforo, cuyos espacios factoriales variaron entre 6,5 y 16,5 toneladas por hectárea para la materia orgánica y 62,5 y 312,5 kilogramos por hectárea para el P_2O_5 . Tanto la gallinaza como el fósforo se aplicaron a los 15 días después del transplante, en corona, a unos 10 centímetros de la planta y a 5 centímetros de profundidad.

Se utilizó la variedad "Zancona", por ser de mayor rendimiento, más resistente a enfermedades, de mayor demanda en el mercado y por estar adaptada a las condiciones de Tibaitatá.

De acuerdo a los resultados obtenidos durante la primer cosecha, hubo poca respuesta a las aplicaciones de fósforo, por consiguiente, los aumentos en rendimiento se debieron principalmente a efectos de la gallinaza aplicada.

Para la segunda cosecha los rendimientos disminuyeron para todos los tratamientos en forma altamente significativa, es decir, que el efecto residual de los fertilizantes fué casi nulo, con excepción de la gallinaza que mostró algún efecto.

Bajo condiciones ecológicas, de suelo y variedad similares a las del presente estudio, la máxima producción se obtiene con aplicaciones de 11,45 toneladas de gallinaza/Ha. y 160,92 kilogramos de P_2O_5 /Ha. La producción óptimo-económica con 9,9 toneladas de gallinaza y 75 kilogramos de P_2O_5 por hectárea.

7. SUMMARY

With the purpose to find out the effect of organic and phosphoric fertilization on the welsh onion production (Allium fistulosum L.), it was made a research at the National Research Center of the Institute of Colombian Agriculture (ICA), that is located in Mosquera (Cundinamarca). It has 2.640 meters of high over the sea level; with a average temperatura of 13.2 centigrades degrees and a annual precipitation of 631 milimeters.

The objectives of the study were:

1. Determine the effect of organic and phosphoric fertilizer on welsh onion production.
2. Determination of the best economic level for utilizing each fertilizer: Hending and phosphorus (P_2O_5).
3. To measure, the residual effect of the fertilizers (Hending and P_2O_5) on welsh onion production.
4. On the basis of the results obtained give recommendations, to the onion producers, taking into consideration the ecologic conditions, the soil and the variety to be used.

5. Determine the effect of the hending and P_2O_5 on pH, phosphorus, cationic interchange, and the content of nutriments in the onion issues.

The soil where the experiment was carried out was midly acid with a high content of profitable phosphorus and organic matter besides of an adequate content of interchangeable bases.

As a treatment design was used the matrix "Plan Puebla II", over an experimental design random blocks design, with three repetitions. The two variables experimental factors were hending and P_2O_5 , whose factorials spaces varied from 6,5 to 16,5 tons. per hectare for the organic matter and 62,5 and 312,5 Kg/Ha for P_2O_5 . The hending and the P_2O_5 were applicated in circle after the 15 days of the transplantation with a distance of 10 centimeters from the plants and 5 centimeters of depth.

The "Zancona" variety was used, because of its high productions, highly resistant to diseases, high demand on the market and because it is very well adapted to the conditions of the experimental station.

According to the results of the first crop there was a poor response to the P_2O_5 , therefore the increments in production were due mainly to the hending applicated.

By the second crop the production diminished for every treatment in a highly significant way. That is to say, that the residual effect was close to zero with the exception of the hending that showed a mild effect.

Under ecologic conditions of soil and variety similars to those of this study, the best production was obtained with 11,45 tons of hendung per hectare and 160,92 kilogram of P_2O_5 per hectare. The best economic level was obtained with 9,9 tons of hendung and 75 kilogram of P_2O_5 per hectare.

BIBLIOGRAFIA

1. BROADBENT, F.E. and BRADFORD, G.R. Cation-exchange groupings in the soil organic fraction. *Soil Science* 74(6): 447-457. 1952.
2. BUCKMAN, C.S. y BRADY, N.C. *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Barcelona, Montaner y Simón, 1966. p. 153.
3. BUSTAMANTE, A. Respuesta de la cebolla de hoja (Allium fistulosum L.) a la aplicación de dos fuentes de abono orgánico. Tesis Ing. Agr. Manizales, Universidad de Caldas, 1969. 60 p. (mimeografiado).
4. CAICEDO, L.A. Curso de horticultura. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1970. pp. 182-183.
5. CALVO, O. Uso de la materia orgánica como abono descompuesto. *Rev. Esso Agrícola (Colombia)*. 19(2): 28-32. 1973.
6. CHAPMAN, H.D. y PRATT, P.F. *Métodos de análisis para suelos plantas y aguas*. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, AID. 1973. 195 p.
7. DIAZ D., R.O. La cebolla junca, cultivo y costo de producción. *Rev. Esso Agrícola (Colombia)* 16(6-8): 10-15. 1970.

8. ESPINAL, L.S. y MONTENEGRO, E. Formaciones vegetales de Colombia. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1963. pp. 140-146.
9. GONZALEZ M., A. y GRILLO, M. La materia orgánica del suelo. Palmira, Univ. Nal. de Colombia, Facultad de Agronomía, s.f. 18 p. (mimeografiado).
10. HIGUITA M., F. Respuesta de la coliflor, la cebolla y la remolacha al abonamiento químico y orgánico. Tesis M.S. Bogotá, Universidad Nacional - Instituto Colombiano Agropecuario, 1973. 74 p. (mecanografiado).
11. HILDEBRAND, P.E. Análisis agroeconómicos mediante superficies de respuesta. El Salvador, Dirección general de Economía Agrícola y Planificación del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Departamento de Administración Agrícola, 1972. 71 p. (mimeografiado).
12. HUNTER, A.H. Técnicas analíticas para suelos. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario, Laboratorio de Suelos, 1975. 7 p. (mimeografiado).
13. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. PROGRAMA NACIONAL DE HORTALIZAS Y FRUTALES. Informe anual de progreso. Bogotá, 1973. p. 26.
14. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS. Sería conveniente añadir "compost" a los suelos negros de la sabana? Tecnología (Colombia) 2(4): 16-27. 1960.

15. JACKSON, M.L. Análisis químico de suelos. Trad. José Beltrán Martínez. Barcelona, Omega, 1964. 662 p.
16. KNOTT, J.E. and DEANON, J.R. Vegetable production in southeast Asia. Los Baños, University of the Philippines, 1967. pp. 211-220.
17. LEON S., L.A. El fósforo del suelo. In Instituto Colombiano Agropecuario. Div. de Educación. Interpretación del análisis de suelos y recomendaciones de fertilizantes. Bogotá, 1971. pp. 52-74.
18. LORA S., R. Fertilizantes orgánicos e inorgánicos y enmiendas. In Instituto Colombiano Agropecuario. Div. de Educación. Interpretación del análisis de suelos y recomendaciones de fertilizantes. Bogotá, 1971. pp. 94-131.
19. LOTT, W.L.; NEFY, J.P.; GALLO, J.R. and MEDCALF, J.C. Leaf analysis technique in Coffee Research. New York, IBEC Research Institute, 1956. 26 p.
20. LUNT, O.R. Daños a las plantas producidos por sustancias tóxicas: Daños por salinidad y exceso de fertilizantes. In Fitopatología, curso moderno; Fisiogénicas - Prácticas en Fitopatología. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1975. Tomo 4. p. 57.
21. McCORMICK, A. y GALIANO, F. Efecto del abono orgánico de basuras urbanas en la asimilación del fósforo. Tecnología (Colombia) 7(27): 17-26. 1964.

22. MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. y BRASIL, MOG. La nutrición mineral de algunas cosechas tropicales. Berna, Instituto Internacional de la Potasa, 1964. pp. 11-36.
23. MARIN MORALES, G. La capacidad de intercambio catiónico de las bases intercambiables del suelo. In Instituto Colombiano Agropecuario. Div. de Educación. Interpretación del análisis de suelos y recomendaciones de fertilizantes. Bogotá, 1971. p. 84.
24. _____; ORTIZ R., G.; LORA S., R. y OWEN, E. El análisis de suelos y las recomendaciones de fertilizantes y cal, tercera aproximación. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario, Programa de Suelos, 1975. p. 5. (Boletín técnico, 34).
25. MARTINEZ V., R. y MARTINEZ C., A. Estudio de la microflora de los abonos orgánicos. Rev. de Agricultura (Cuba) (1): 43-50. 1968.
26. MILLAR, C.E.; TURK, L.M. and FOTH, H.D. Edafología, fundamentos de la ciencia del suelo. México, CECSA, 1961. 612 p.
27. MORALES B., J.M. Reconocimiento detallado de los suelos del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Tibaitatá, Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario, Programa Nal. de Suelos, 1976. 148 p. (sin publicar).
28. PERKIN-ELMER. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Norwalk, Connecticut, 1971. p. irr. (mimeografiado).

29. PERKINS, H.F.; PARKER, M.B. and WALKER, M.L. Chicken manure its production, composition, and use as a fertilizer. Georgia, Agricultural Experiment Station, Univ. of Georgia, College of Agriculture, 1964. 24 p. (Bulletin N.S., 123).
30. QUINTERO D., R. Respuesta de la coliflor (Brassica oleracea L. var. Botrytis) al N, P y abono de establo y sus efectos residuales. Tesis M.S. Bogotá, Universidad Nal. - Instituto Colombiano Agropecuario, 1975. 72 p. (mecanografiado).
31. RENDON, M. Gallinaza, su producción, composición y uso como alimento o fertilizante. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario, Programa de Avicultura, 1976. 29 p. (sin publicar).
32. RODRIGUEZ, M. y LOBO, M. Fertilización de hortalizas en suelos volcánicos en Antioquia y Caldas. Rev. ICA 7(3): 219-232. 1972.
33. SPRAGUE, B.H. Nutrients deficiencies in vegetable crops. In Barber, S.A., ed. Hunger signs in crops; a symposium. 3 ed. New York, McKay, 286 p.
34. TISDALE, S.L. and NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers. New York, McMillan, 1966. 694 p.
35. TURRENT F., A. y LAIRD, R.J. Escritos sobre metodología de la investigación en productividad del suelo. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, 1975. 42 p.