

FERTILIZACION DEL CULTIVO DE RABANO (Raphanus sativus L.), UTILIZANDO
DIFERENTES FUENTES COMERCIALES

Por :

ALVARO BARRAZA BECERRA
ALVARO ARIZA JARAMILLO

Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al titulo

de :

INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis :

JOSE LEONARDO DELGADO I, A. M. S.

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA

SANTA MARTA

1. 9 7 9

REFERENCIA

Tes. 320-1900.
IA 00233

" Los miembros del Jurado examinadores de éste trabajo de tesis,
no serán responsables de las ideas emitidas por los candidatos
al título ".

REFERENCIA

Todo lo que el hombre se proponga a conseguir, lo obtiene, con base a su espíritu de superación y esto se da en la medida que su fuerza de voluntad está bajo su dominio. Es por eso que dedico este triunfo a:

Mis Padres, en especial a mi madre Georgia Becerra

Mis Hermanos

Mi Esposa

Mis Familiares

Mis Amigos; que siempre confiaron en mi y ver culminado este esfuerzo en bien del progreso y desarrollo del sector rural.

Alvaro Luis Barraza.

Dedico este trabajo especialmente a mi madre Carmen Jaramillo, a mi es
posa María De la Hoz, a mi hijo Alvarito y a mi padre Rafael Ariza.

A mi abuelo Antonio Ariza.

A mis hermanos Carlos, Hermes, Dayra, Enith y Maritza.

A los Hermanos Jaramillo Cueto.

A los Hermanos Ariza Polo.

A la Familia De la Hoz Charris.

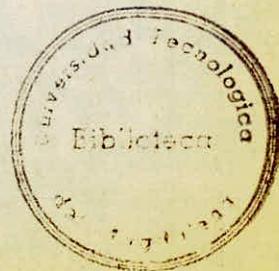
Al Señor Waldo Pizarro.

A mis maestros, guías y compañeros.

A todos mis familiares, amigos y a quienes ha mortificado siempre mis
deseos de superación.

ALVARO ANTONIO .

REFERENCIA



Presentamos nuestro agradecimiento a las siguientes personas que colaboraron en una u otra forma a la feliz culminación de este trabajo.

Dr. José Leonardo Delgado

Dr. Jorge Gadbán Reyes.

Edilma Palacio Morales, José y Tobías De la Hoz Charris,

Margoth Jiménez, Gloria Muñoz de Morales, Orlando Gámez,

Rafael Martínez, Familia de la Hoz Charris, José A.

Barón García, Dagoberto Orozco Barón, Alcides Pacheco,

Elicer y Orlando Ramírez, Nilda Pérez.

José Elías Cabana, Moisés Villalobos

A los compañeros trabajadores de la U. T. M. (Universidad Tecnológica del Magdalena), en especial a Ricardo Navarro, Luis Ortiz, Rafael Curvelo.

CONTENIDO

Capítulos	Páginas
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Importancia del Rábano (<u>Raphanus sativus</u> L.)	3
2.1.1. Siembra	3
2.1.2. Condiciones del Clima y Suelo para su desarrollo	4
2.2. Importancia de los Abonos	5
2.3. La Materia Orgánica	5
2.3.1. Descomposición de la materia orgánica	12
2.4. Forma en que las Plantas Absorben los Alimentos	14
2.5. La fuente y Aprovechamiento del Fósforo y Potasio	15
2.5.1. Importancia e influencia del Fósforo en las plantas	16
2.5.2. Factores que aumentan la solubilidad del Fósforo	20
2.5.3. Efectos del Potasio sobre el desarrollo de las plantas.	20
2.5.4. Análisis del Potasio.	21
2.6. Forma y Epoca de Aplicación y Fertilización de Hortalizas.	22

	Páginas
3. MATERIALES Y METODOS	24
. . .	
3.1. Localización	24
. . .	
3.2. Características Climáticas de la Zona	24
. . .	
3.3. Suelos	24
. . .	
3.4. Fuentes de Fertilizantes	25
. . .	
3.5. Diseño Experimental	25
. . .	
3.6. Tamaño de las Parcelas	26
. . .	
3.7. Aplicación de Abonos	26
. . .	
3.8. Toma de Datos	27
. . .	
3.9. Procedimiento Estadístico	31
4. RESULTADOS Y DISCUSION	33
. . .	
4.1. Propiedades del Suelo	33
. . .	
4.2. Respuesta del Cultivo de Rábano a las Aplicaciones de Fósforo, Nitrógeno y Materia Orgánica.	33
. . .	
4.3. Análisis Estadístico	34
. . .	
4.4. Correlación Simple	41
. . .	
4.5. Correlación Múltiple y Ecuación de Regresión Múltiple.	45
5. CONCLUSIONES	55

6.	RESUMEN	57
	SUMMARY	
7.	BIBLIOGRAFIA	60

INDICE DE FIGURAS

PAGINA

FIGURA 1. Gráfica que muestra los efectos en la producción (Y),
variando progresivamente el diámetro de los rábanos
medianos (X_1), empleando la ecuación de regresión
múltiple. 54 a

FIGURA 2. Gráfica que muestra los efectos en la producción (Y),
variando progresivamente el diámetro de los rábanos
grandes (X_2) empleando la ecuación de regresión
múltiple. 54 b

INDICE DE TABLAS

		Páginas
TABLA 1.	Niveles de aplicación en kg/ha y fuentes comerciales de los diferentes tratamientos usados en el experimento.	29
TABLA 2.	Número de raíces que pesaron 1 kg por tratamiento.	30
TABLA 3.	Promedio de 20 rábanos tomados al azar para determinar el diámetro y el largo en m.m, para rábanos grandes, medianos y pequeños.	32
TABLA 4.	Producción obtenida con los diferentes tratamientos en kg/parcelas de 3 m ² y ton/ha en el cultivo de rábano.	36
TABLA 5.	Análisis de varianza para la Producción de los diferentes tratamientos aplicados al cultivo de rábano.	37
TABLA 6.	Promedio general de los diámetros grandes, medianos y pequeños para ocho tratamientos, en m.m,.	39
TABLA 7.	Análisis de varianza para el promedio general de los diámetros grandes, medianos y pequeños.	40
TABLA 8.	Correlación entre el diámetro (X) y el peso (Y) en grs de las raíces de rábano pequeño.	42
TABLA 9.	Correlación para raíces medianas de rábanos tenien	

	Páginas
do en cuenta su diámetro (X_1) en m.m, y el peso (Y) en grs.	43
TABLA 10. Correlación para raíces grandes de rábanos teniendo en cuenta su diámetro (X_2) en m.m, y el peso (Y) en grs.	44
TABLA 11. Datos de producción en grs, diámetros de rábanos medianos y grandes en m.m, los cuales fueron correlacionados.	47
TABLA 12. Coeficiente de correlación simple, parcial y múltiple, ecuación de la regresión.	48
TABLA 13. Análisis de varianza de la regresión, efectos debido a X_1 y efectos de la regresión adicional debido a X_2 .	50
TABLA 14. Análisis de varianza de la regresión, efectos debido a X_2 y efectos de la regresión adicional debido a X_1 .	51
TABLA 15. Número de raíces para obtener un kg (índice de raíces).	52
TABLA 16. Análisis de varianza para el número de raíces que se necesitan para obtener 1 kg.	53



INTRODUCCION

En los países subdesarrollados la agricultura tiene que desempeñar un papel importante para conseguir una mejor alimentación para sus habitantes, introduciendo nuevas técnicas, haciendo además uso de los ya conocidos. Entre estas técnicas la fertilización es un medio para que los productores utilicen otras prácticas necesarias y así obtener efectos satisfactorios.

La fertilización cumple una función básica en la producción de hortalizas y el agricultor colombiano hace poco uso de los fertilizantes para poder así incrementar los rendimientos, por lo cual se hace necesario que la transferencia de tecnología llegue verdadera y efectivamente a los campos colombianos.

Numerosos trabajos han demostrado la importancia que tienen los elementos nutricionales como factor fundamental en cualquier cultivo hortícola.

Es bastante escasa la literatura sobre el cultivo de rábano. Los trabajos de investigación traen diversas informaciones en cuanto a distancia de siembra, fertilización, producción, etc.

Para predecir el fertilizante y otros tratamientos requeridos en el cultivo del rábano, para aumentar la posibilidad de obtener una producción más elevada, es necesario hacer investigaciones utilizando para ello parámetros

que determinen los rendimientos como expresión cuantitativa ó cualitativa que influyen sobre la planta, el suelo y los factores ambientales.

Algunos autores informan sobre la forma como asimilan los nutrientes las hortalizas, determinando así como éstas pueden aprovecharlos, influyendo en la producción y dependiendo del ciclo de vida del cultivo.

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es estudiar la relación que existe entre los incrementos que se presentarían en la producción y aplicación de fertilizantes. Los productos a utilizar como fuente de nutrientes serán los siguientes : como Materia Orgánica se utilizará la gallinaza; de piso un fertilizante compuesto, el 10-30-10 Urea, Cloruro de Potasio y el Super Fosfato Triple.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Importancia del Rábano (*Raphanus sativus* L.). Algunas veces se ha dicho que para huertas cualquier terreno es bueno contando con la inteligencia, el capital y el trabajo pudiendo convertirse lo infecundo en productivo.

El rábano es una planta que se cultiva para aprovechar sus raíces, las que se consumen en forma de ensalada. Las hojas pueden cocinarse y consumirse como verduras. Los rábanos son raíces ricas en calcio, fósforo, hierro y vitamina C, de sabor picante, es una de las hortalizas que posee período vegetativo más corto.

Los rábanos se agrupan en diversas variedades teniendo en cuenta:

- a) El período vegetativo del cultivo.
- b) La forma del cultivo.
- c) El color . Las variedades más aceptadas son : La Freech, la Scorletglobe, la Rabid Red, la Crimpson Giant, la Red Prince (2, 15, 28).

2.1.1. Siembra. Los rábanos se propagan por semillas, estas se siembran directamente en el suelo, en surcos separados de 30 a 40 cms y cuando tienen dos o tres hojas verdaderas se releen las maticas, dejando 5 ó 10 cms de distancia entre ellas.

La semilla debe distribuirse bien en los surcos y luego taparse con una capa delgada de tierra, cuando se efectúa a mano. Desde la siembra a la germinación debe pasar de dos a cuatro días. El suelo debe estar preparado y fertilizado; para esto se recomienda un fertilizante químico completo de una fórmula más alta en Fósforo y Potasio que en Nitrógeno como 5-10-12, etc. Dependiendo de la variedad, se podrá obtener rábano a los 30 días después de la germinación, como también a los 70 días (9, 15, 16).

2.1.2. Condiciones del Clima y Suelo para su Desarrollo. Para el cultivo de rábano son recomendables los suelos arenosos y Arcillo-Arenoso rico en materia orgánica con un pH entre 5.5 y 7.8, además requiere humedad bien controlada.

El rábano se adapta a cualquier clima pero es preferible el templado o frío.

Quando la temperatura es alta y principalmente cuando se presenta un período de sequía, una o dos semanas antes de que maduren pueden ser toscos, fibrosos y muy picantes. También, las raíces tienen a alargarse, en lugar de adquirir su forma normal o sea poco alargados y voluminosos.

Esto puede evitarse hasta cierto grado; enriqueciendo el suelo con estiércol, fertilizantes comerciales y aplicando riegos con regularidad cuando sea necesario (9, 15, 28).



2.2. Importancia de los Abonos. Con los abonos hay un aumento de los principios activos o de los elementos característicos constitutivos en las raíces, tubérculos, semillas, frutas y partes herbáceas; mayor contenido de fósforo, proteínas, azúcares, almidones, calcio, etc. (1).

2.3. La Materia Orgánica y su Importancia. La materia orgánica es el componente del suelo que mayor expresa su fertilidad; se origina en los desechos de plantas y animales. La diferencia entre un suelo fértil y uno que no lo es, lo constituye en gran parte el contenido de materia orgánica ya que casi todo el azufre y el nitrógeno que contienen los suelos se encuentran en combinación orgánica (22).

Cuando se aplica solamente abonos orgánicos se está agregando al suelo una cierta cantidad de nutrientes, pero en forma insuficiente para aumentar la totalidad de elementos necesarios para el normal desarrollo de las plantas, limitándose así el incremento en la producción de los cultivos.

Por otra parte, el sistema de aplicar solamente abonos químicos tampoco favorecería el crecimiento agrícola rápido, ya que ellos no pueden sustituir todas las funciones de los abonos orgánicos (19).

En los cultivos hortícolas ni el estiércol puede reemplazar a los abonos químicos, ni estos a aquel, debiéndose complementar mutuamente y emplearlos unidos para conseguir buenas cosechas y mejores beneficios (19).

Esta unión combinada del estiércol y productos minerales recibe el nombre de Abonos Mixtos, utilizando las plantas el primero al final de su crecimiento por la regularidad y lentitud con que obra, al mismo tiempo se conserva intacta o mejora las cualidades físicas del terreno, y los segundos o sales minerales actuando con su efecto rápido en la época en que mayores son las exigencias del vegetal, mayores casi siempre de los que pueden dar el estiércol y el suelo (2,19).

El manejo adecuado de los suelos debe hacerse preferiblemente sembrando cultivos que permitan devolver al suelo la materia orgánica perdida, pues cuando ésta falta, hay reducción en la producción. La producción de los suelos depende de muchos factores y el contenido de materia orgánicas es uno de ellos, ya que tiene parte en la formación de los suelos y es un factor de determinación de sus características (4).

Las funciones que tiene la materia orgánica en el suelo y que al combinarse con algunos minerales como aquellos solubles de los fertilizantes,

ayuda a corregir condiciones tóxicas en los suelos causada por el uso excesivo de los abonos químicos o por la presencia de residuos de pesticidas. La arcilla y la materia orgánica en descomposición hacen una mezcla que es químicamente la parte más activa del suelo. Teniendo en cuenta que la materia orgánica ejerce influencias positivas sobre la actividad y número microorganismos se destaca lo siguiente : El número de microorganismos en el suelo controla la cantidad de alimentos disponibles; es así como un suelo bajo de elementos disponibles tienen pocos microorganismos; igualmente la presencia de muchos microorganismos hace que haya más alimentos asimilables para las plantas (1.19).

El humus resultante de la descomposición de la materia orgánica es una fuente de reserva de alimentos para la planta, por la formación de complejos fosfohúmicos se mantiene el fósforo en estado asimilable para las plantas.

Además el humus atenúa la retrogradación del Potasio, en una fuente de gas carbónico y favorece la acción de abonos minerales (14).

Según Demalón (14) en suelos suficientemente provistos de humus los abonos minerales resultan más activos que el estiércol, pero se ha observado que después de varios años de usarse abono mineral con N,P,K, no se asegura el rendimiento del estiércol.

La materia orgánica del suelo la constituye todos los residuos de vegetales y animales.

Es necesario recurrir a ciertas prácticas para conservar la materia orgánica, tales como la rotación de cultivos, la cual debe ser equilibrada. También puede aumentarse la materia orgánica, incorporando al suelo los cultivos verdes, preferentemente leguminosas sembradas especialmente para ello.

El estiércol es otro material cuyo empleo proporciona materia orgánica al suelo y es valioso para su contenido de nitrógeno. El estiércol en todas sus formas es el tipo más antiguo del abono que se conoce. Las pérdidas de humus que sufre el suelo cada año, son grandes las cuales se puede restituir con la adición de abonos orgánicos como fuente de humus (7, 18, 22).

El estiércol de los animales domésticos es uno de los subproductos de mayor valor en las fincas, puede clasificarse como abono completo pues aporta nitrógeno, fósforo, potasio y otros elementos.

La composición del estiércol varía entre límites muy amplios dependiendo de la clase de animal, edad y condiciones del mismo, clase de alimento usado, la naturaleza de las camas, de las condiciones de manejos y almacenamientos del material y finalmente de su grado de descomposición

(5, 13, 18, 24)

El estiércol comparado con fertilizantes comerciales compuesto es pobre en nutrimento para las plantas; de ahí que se aplique en cantidad de 50 a 100 veces mayores que los abonos químicos (18).

Una tonelada métrica promedia del estiércol de gallina, caballos y cerdos contiene aproximadamente 10 kg de nitrógeno, 5 kg de ácido fosfórico y 10 kg de potasio (5).

Las deyecciones de las gallinas son más ricas en alimentos nutritivos que la de los grandes animales domésticos. Esto se debe en parte a la mayor concentración de las raciones que consumen las aves, pero principalmente a su menor concentración de agua. Los beneficios de la aplicación del estiércol no se obtiene únicamente en la primera cosecha; sus efectos pueden durar varios años. Los elementos nutritivos suministrados por la orina se aprovechan principalmente en el primer año, pero las proporcionadas por defecación sólida, se utilizan más lentamente a medida que se sucede su descomposición (2, 13).

Gómez (13), destaca que una tonelada de excremento de gallina proporciona 10 kgs de nitrógeno, 9 kgs de P_2O_5 y 4 lgs de K_2O . Para las

plantas el potasio contenido en el estiércol es tan asimilable, como el de los fertilizantes químicos caso contrario sucede con el nitrógeno donde una fracción es soluble, pues gran parte se encuentra en forma orgánica, y se mineraliza con mucha lentitud; por esta razón el efecto del estiércol se puede extender por un tiempo más prolongado que el de los fertilizantes químicos (18).

Para el mejor aprovechamiento del valor del estiércol y su adecuado uso se debe tener presente que sino se aplica al suelo directamente del establo o galpón, debe almacenarse en sitio protegido del sol y de la lluvia. Las aplicaciones pequeñas y frecuentes dan mejor resultado que aplicaciones grandes y más aún cuando el estiércol se incorpora a las hortalizas responden muy bien a la aplicación del estiércol, pero debido a su bajo contenido de fósforo se aconseja aplicaciones suplementarias de superfosfato o abono alto en fósforo (5).

Cuando no es posible almacenar adecuadamente el estiércol se debe regar directamente en el campo dándole una distribución uniforme e incorporándolo al suelo. La uniformidad en la distribución superficial y luego una buena incorporación asegura que cada unidad de suelo recibe aproximadamente la misma cantidad de abono y permitiendo mayor uniformidad en el desarrollo del cultivo. La práctica y la experimentación ha demostrado que

aplicaciones de pequeñas cantidades de estiércol, 12 a 15 toneladas por hectáreas dan en varios períodos resultados mejores que aplicadas en grandes cantidades por una sola vez (5,22).

El abono constituido por excremento de gallina es aconsejable secarlo hasta que el contenido de humedad sea de 10 a 12% pues con esto se facilita el empaque, almacenamiento y aplicación del producto. Se puede emplear en el secado el calor artificial siempre que el volumen de estiércol haga económico la inversión en el equipo de calefacción. Pocas veces más de la mitad de los nutrientes del estiércol se encuentran disponibles en forma inmediata para las plantas en el primer año de aplicación. La cantidad de nutrimento en el abono y la disponibilidad en cada cultivo y calcular si es necesario y conveniente la aplicación de fertilizantes químicos con suplemento de algunos de los elementos.

La mayor dosis de estiércol a usarse depende de las necesidades del cultivo y de las características del suelo. El empleo de 7.5 y 10 toneladas métricas por hectárea de abono, gallinaza de piso, por año en maíz, sorgo de grano, pastos, algodón y otros cultivos similares, es una cantidad adecuada. En hortalizas las cuales requieren niveles elevados de nitrógeno se puede aplicar de 11 a 16 toneladas métricas por hectárea de estiércol de aves, casi todas las hortalizas exigen un suplemento de fósforo y potasio,



a menos que el suelo presente un contenido alto de tales nutrimentos (3).

En general, en la práctica se puede aplicar el estiércol a terrenos de cultivos, cada tres o cuatro años, períodos que se han encontrado adecuados por sus efectos residuales. Solo en algunos casos cuando se dispone de suficiente material y se van a sembrar cultivos especiales, se recomienda la aplicación anual (24).

La proporción en que se encuentra el carbono y el nitrógeno en los suelos es de interés para la actividad normal de los microorganismos. Se considera como una relación adecuada de equilibrio 10:1. Con este valor parece que se consigue el normal equilibrio entre la actividad microbiana y la destrucción de la materia orgánica. (1).

Cuando la relación se rompe a favor del carbono, como consecuencia de agregar al suelo en exceso paja, tamos u hojas de árboles se inmoviliza el nitrógeno orgánico quedando este sin mineralizarse. En caso contrario si la relación disminuye a las cifras inferiores de 5, el nitrógeno orgánico mineralizado anteriormente, se acumula, pudiendo ser arrastrado en forma nítrica (NO_3^-) por aguas lluvias o de riego (1).

2.3.1. Descomposición de la Materia Orgánica. En la descomposición de

la materia orgánica intervienen procesos de oxidación, reducción, hidrólisis y carbonatación. Es necesario la presencia de microorganismos, en ausencia de estos muchos nutrimentos de la materia orgánica tales como nitrógeno, fósforo, potasio, y azufre estarían en forma inaprovechable (17).

La descomposición de los glúcidos sensibles (almidones y azúcares), constituyen un proceso rápido que determina la liberación de anhídrido en el suelo (17).

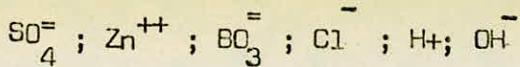
Las proteínas hidrosolubles son fácilmente descompuestas a aminoácido que la constituyen y luego estos a compuestos amoniacales asimilables. Los compuestos amoniacales, bajo la acción de ciertas "bacterias nitrificantes" se transforman a nitratos, formas directamente utilizadas por las plantas. La descomposición de los materiales orgánicos no se completa; ciertas sustancias como la lignina, ceras, grasas y ciertos tipos de materiales proteicos, resisten los procesos de descomposición, pero a través de complejos procesos bioquímicos se elaboran más sustancias coloidales oscuras y amorfas, llamadas humus. El humus ofrece propiedades absorbentes para los nutrimentos y agua, aún más elevadas que las que garantizan las arcillas (17, 18).

La descomposición de la materia orgánica en el suelo es un proceso bioquímico y cualquier factor que afecte las actividades de los organismos del suelo, afecta el ritmo de fermentación del citado material. Varios de los factores que influyen sobre la velocidad de descomposición del material orgánico puede incluirse en los tres grupos siguientes: (7,13)

- 1.- La naturaleza del material vegetativo, incluyendo su edad, clase de planta y composición química.
- 2.- El suelo, incluyendo aireación, temperatura, humedad.
- 3.- Factores climáticos como los afectos a la humedad y temperatura especialmente.

2.4. Forma en que las Plantas Absorben los Alimentos. Existen en el sue -
lo, dos fuentes generales de nutrimentos fácilmente asimilables a saber: Nutrimentos adsorbidos por los coloides y las sales en la solu -
ción del suelo. En ambos casos los elementos esenciales están presente
como iones. Los iones cargados positivamente son adsorbidos en su
mayor parte por los coloides, mientras que los aniones y una pequeña
fracción de los cationes se hallan en evolución del suelo.

Los iones más importantes son ; NH_4^+ ; NO_2^- , NO_3^- ; PO_4H^- ; PO_4H_2^- ;
 K^+ ; Fe^{++} ; MoO_4^- ; Mn^{++} ; Cu^+ ; Cu^{++} ; CO_3^- ; CO_3H^- ; Ca^{++} ; Mg^{++} ; SO_3^- ;



La mayor parte del nitrógeno es absorbido tanto en forma amóniacal como nítrica, dependiendo de las condiciones del suelo, la clase de planta y su grado de crecimiento. El ión nítrico está casi siempre presente en pequeñas cantidades pues es fácilmente oxidado a la forma nitrato; esto es importante porque es una concentración de esa forma de nitrógeno (NO_2^{-}) es muy tóxica para las plantas. El ión fosfato, en especial el que asimila las plantas superiores, parece estar determinado por el pH del suelo. (7).

Cuando este es alcalino, el ión $\text{PO}_4^{=}$ es la forma soluble. Cuando el pH disminuye y el suelo aparece levemente ácido, coexisten los dos iones $\text{PO}_4^{=}$ y $\text{PO}_4\text{H}_2^{-}$, pero si la acidez es elevada, esas dos formas son las que se consideran asimilables por las plantas superiores. En general la aprovechabilidad máxima del fósforo para la mayoría de los cultivos se encuentra en suelos con pH entre 5.5 y 7.0 (7, 13).

2.5. La Fuente y Aprovechamiento del Fósforo y Potasio. Gran cantidad de

nitrógeno se añade al suelo por medio de fijación bioquímica, en la cual intervienen varias especies de microorganismos. En el caso de la leguminosa los organismos fijan el nitrógeno del aire en cantidades suficientes para que temporalmente aumente el nitrógeno ya presente. (7).

En otros elementos nutrientes, como el fósforo y el potasio, no existe la ayuda microbiana dependiendo el abastecimiento de la demanda de las plantas, de otras fuentes. Existen en general cuatro clases de procedencia del fósforo y potasio, a saber :

- 1.- Fertilizantes Comerciales
- 2.- Estiércol de granja
- 3.- Residuos vegetales
- 4.- Compuestos de otros elementos tanto orgánicos como inorgánicos presente en el suelo (7).

2.5.1. Importancia e influencia del fósforo en las plantas. Con la posible excepción del nitrógeno, ningún otro elemento es tan decisivo para el crecimiento de las plantas en el campo como el fósforo. Una carencia de este elemento es doblemente seria puesto que evita que las plantas aprovechen otros nutrientes. Una gran parte del fósforo del suelo es aportado por combinaciones orgánicas, sobre los cuales actúan los microorganismos para mineralizarlos. Las formas particulares dependen en grado considerable del pH del suelo. No se debe asegurar que el mantenimiento de la materia orgánica a nivel normal puede resolver el problema del fósforo(7).

En la fracción inorgánica ocurre en numerosas combinaciones con hierro aluminio, calcio, y otros elementos. El contenido del fósforo inorgánico en los suelos es siempre más alto, que el fósforo orgánico, con excepción del fósforo contenido en suelo de prominencia orgánica (26).

En la Unión Soviética y varios lugares de Europa Oriental, los suelos son inoculados con bacteria la cual aparentemente incrementa la aprovechabilidad del fósforo nativo y aplicado. Se usa principalmente el Bacillus megatherium Var phosphaticum (26).

El fósforo influye sobre las siguientes funciones :

División celular y crecimiento, formación de albúmina, floración y fructificación, formación de semillas, maduración de cosechas, atemperando, así los efectos de aplicaciones excesivas de nitrógeno; desarrollo de raíces, sobre la calidad de las cosechas, especialmente del forraje y hortalizas. Finalmente resistencia a ciertas enfermedades (7, 11, 18).

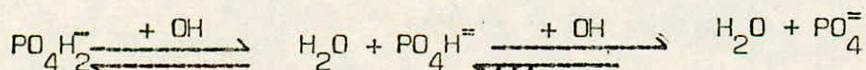
Gran porcentaje del fósforo presente en los suelos, normalmente no es aprovechable para las plantas. Además, cuando las formas solubles de este elemento se agregan al suelo como fertilizantes, comúnmente se fija o permanece inaprovechable bajo las condiciones más ventajosas. La remoción del

fósforo de los suelos por las cosechas es bajo comparada a la del nitrógeno y potasio, siendo en general $1/3$ ó $1/4$ de éstos (7) .

El aprovechamiento de fósforo inorgánico viene determinado por los factores como : pH del suelo, por el Fe, Al y Mn, por el calcio asimilable, por la cantidad de materia orgánica descompuesta y por la actividad de los microorganismos. La forma iónica del fósforo viene determinada por el pH de la solución del suelo. (7) .

Así, en soluciones muy ácidas, se encuentra el PO_4H_2^- ; si el pH aumenta, predomina el ión PO_4H^- y finalmente el PO_4^- .

Lo anterior se puede visualizar en las siguientes reacciones :



Solución muy ácida.

Solución muy alcalina.

La influencia del pH del suelo sobre la asimilación del fósforo esta determinada en su mayor parte por diversos cationes que se hallan presente (7).

En el caso del aprovechamiento del fósforo inorgánico sobre terrenos ácidos, en la mayor parte de los suelos con esta característica ; La

2.5.2. Factores que Aumentan la Solubilidad del Fósforo. Existen varios factores capaces de aumentar la solubilidad del fósforo de los suelos : Su población microbiana, la aportación de ciertos materiales minerales, los ataques de las raíces, los abonos orgánicos, etc. Parte del ácido fosfórico soluble procede de las transformaciones por las acciones microbianas de las materia orgánicas de los suelos y porque las secreciones ácidas de los propios microorganismos (ácido acético, fórmico y butírico) facilitan la disolución de los fosfatos minerales se incrementa sensiblemente (1).

Como producto de descomposición en el suelo se forman complejos fosfomúmico que son más fácilmente asimilables por las plantas, hay reemplazo del anión fosfato por el anión humato, hay un recubrimiento de las partículas sesquióxidos por humus formando una cubierta protectora y reduciendo la capacidad fijadora. Hay también una formación de complejos estables de los aniones orgánicos que resultan de la descomposición del humus, con el hierro y el aluminio existentes en el suelo, impidiendo que estas reacciones con el fosfato o liberando el anión fosfato que previamente había sido fijado (20).

2.5.3. Efectos del Potasio sobre el Desarrollo de las Plantas. La presencia de adecuada cantidad de Potasio utilizable, tienen mucha

relación con el tono general y vigor en el desarrollo de las plantas. Es mayor la resistencia de los cultivos a ciertas enfermedades y fortalecimiento del sistema radicular. El potasio tiende a frustrar los efectos nocivos de un exceso de nitrógeno y de un modo general un efecto compensador sobre el nitrógeno y el fósforo. Para la formación de proteínas es esencial el K y en la síntesis de almidones, azúcares y aceite. Mejora la calidad de las cosechas y neutraliza fisiológicamente los ácidos orgánicos (7, 18).

2.5.4. Asimilación del Potasio. La mayor parte de los suelos minerales, excepto los de naturaleza arenosa, tienen alto contenido de potasio total. Sin embargo la cantidad de potasio existente en forma fácilmente cambiante, es casi siempre, muy pequeña. La mayor parte de este elemento es constitutivo de minerales primarios o está fijado en forma moderadamente asimilable por las plantas. También la competencia de los microorganismos constituyen temporalmente a su falta de aprovechamiento por las plantas superiores (7).

En general se considera que el poder de suministro de potasio de los suelos radica mayormente en la presencia de Illita y del equilibrio dinámico, en el cual la forma intercambiable es rebastecida a partir de la no intercambiable. Como elemento constitutivo de la materia orgánica, al

rededor de un 30% del potasio, está asociada con las proteínas y el 70% permanece en el jugo celular (6).

Los 2/3 del potasio de la materia orgánica son directamente solubles en agua; el resto es liberado como consecuencia de la mineralización microbiológica (6).

Según Bohorquez y Blasco (6), en el suelo del Valle del Cauca, la mineralización del potasio debe atribuirse a la descomposición de la materia orgánica y a la formación de ácidos orgánicos e inorgánicos por los microorganismos que reaccionan con los minerales potásicos. Los microorganismos más activos son : Clostridium pasteurianum y Aspergillus niger.

La liberación del potasio desempeña una acción activadora directa sobre las funciones de los microorganismos y sobre los procesos enzimáticos de los cuales depende la respiración de los suelos (6).

2.6. Forma y Época de Aplicación y Fertilización en Hortalizas. En lo que se refiere a la época de aplicación, por lo general cuanto más resiste la Lixiviación el fertilizante, menos importante es la necesidad de fijar la época apropiada para la aplicación. Los fertilizantes potási

cos y fosfatados, se podrían aplicar en períodos cuando se tienen menos trabajo; y los nitrogenados en una época adecuada, debido a su mayor solubilidad, especialmente los nitratos. Claro que los requerimientos nutricionales de las plantas, varían de acuerdo al estado de desarrollo del cultivo, lo que exige que la aplicación del fertilizante se efectúe en el momento oportuno, aún más si el suelo es de baja fertilidad. Para escoger la mejor época de la aplicación de abonos se debe tener en cuenta el suelo, el clima, la clase de nutrimentos y el cultivo (18,21).

En experimento de campo sobre abonamiento de hortalizas los fertilizantes apropiados colocados a cinco (5) centímetros al lado de las semillas y cinco (5) a ocho (8) cms bajo la superficie del suelo, dió los más altos rendimientos, comparados con los obtenidos al aplicar la misma cantidad de fertilizantes al voleo e incorporado. (9).

Los fertilizantes localizados hacen que los cultivos crezcan más rápido, esto se refleja en la rápida maduración (10,25).

3 . MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización. El estudio se efectuó en los predios de la Granja Experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena, Municipio de Santa Marta, Departamento del Magdalena, situada en el Nor-Oeste de la república de Colombia. Se encuentra ubicada entre los 74° 12' de longitud Oeste y los 11° 11' y 11° 15' de latitud Norte. (27).

3.2. Características Climáticas de la Zona. La región en donde se llevó el experimento está a una altura de 15 m.s.n.m., con una precipitación promedio de 674,4 mm. anuales, con temperatura promedio de 28 a 36°C y una humedad relativa entre 74 y 76%. El clima es estepárico tropical cálido y con período muy secos. (27).

La zona del experimento pertenece a formación de Bosques Espinoso Tropical. (12).

3.3. Suelos. Los suelos de esta región pertenece a la serie Mamatoco, con un bajo contenido de M.O, textura Franco Arcillo-Arenoso (F Ar A), con estructuras de bloques subangulares, el color es de 10yR 3/4, con una topografía plana.(8)

El contenido de Materia Orgánica es de 1.2%, el Fósforo (P) se encuen

tra en 45 p.p.m., el Potasio (K) 0.6 meq/100. grs de suelo y el pH es de 7.8.(8).

3.4. Fuentes de Fertilizantes. Como fuente de Fósforo se usó el superfosfato triple con 46% de $P_2 O_5$ y 10-30-10; como fuente de nitrógeno se utilizó la urea de 46% y 10-30-10; como abono orgánico, gallinaza de piso procedente de una finca agrícola cercana a la Universidad y como fuente de potasio se utilizó el cloruro de potasio con 60% de K_2O .

Por gallinaza de piso se entiende la acumulación de estiércol de aves con mezcla de residuos vegetales, como aserrín de madera.

3.5. Diseño Experimental. Estadísticamente se empleo el diseño de bloques al azar con ocho tratamientos incluyendo un testigo absoluto y tres replicaciones para un total de 24 parcelas. El testigo absoluto permite observar el comportamiento natural del suelo.

Los factores experimentales variables fueron la gallinaza de piso, el fósforo y el nitrógeno cuyos niveles de aplicación se pueden ver en la Tabla 1.

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

3.6. Tamaño de las Parcelas. La separación entre parcelas fué de 0.5 m y entre bloques 1.5. m. Las dimensiones de las parcelas fueron 1.20 m de ancho por 5 m de largo, la separación entre hileras fué de 30 cm, consiguiendo así cuatro hileras, se cosecharon las dos hileras centrales, para efectos de datos y análisis estadístico, determinando así un área de 3 m^2 .

La separación entre plantas fué de 5 cm.

3.7. Aplicación de Abonos. La gallinaza de piso se repartió ocho días antes de la siembra, al voleo en cada parcela con previo sorteo y luego se incorporó con un rastrillo de mano. Este se hizo con el fin de buscar una mejor descomposición de gallinaza y así pudiera ser mejor utilizada por el cultivo de rábano.

Todos los tratamientos, excepto el testigo absoluto, llevaron una dosis uniforme de 18.3 kg de K_2O /ha.

Se utilizó la variedad de rábano "Red Prince", la cual germina en dos o tres días después de sembrado. Se cosecha a los 30 días después de la germinación, alcanza una altura de 20 cms y además es una variedad que se adapta a las condiciones de esta zona.

La técnica empleada para la aplicación de fertilizantes fue en banda



a 5 cm al lado del surco de siembra y a 5 de profundidad.

3.8. Toma de Datos . La siembra se efectuó el 20 de Junio de 1.979 y tres días más tarde germinaron todas las semillas, el 28 de ese mismo mes se efectuó el raleo dejando las plátulas separadas 5 cms una de otra, para un total de 100 plantas por surcos de 5 m.

El 10. de Julio se aporcó para darle una mejor condición al desarrollo de las raíces y conseguir así mejor formación de los rábanos.

Se hicieron dos riegos diarios durante los tres días previos a la germinación y posterior a ella hasta tres días antes de la cosecha, en esta forma se mantuvo el suelo húmedo, ya que las separaciones entre eras y bloques se acondicionaron para ser utilizadas como canales para el transporte de agua, que tenían la función de mantener los bordes húmedos y a la vez una medida para el control Spodoptera sp. Se empleó también sistema de riego con regadera.

Las malezas que se presentaron fueron verdolagas (Portulaca oleracea), el bledo (Amaranthus sp.) y el coquito (Cyperus rotundus L.) las cuales se controlaron a mano.

Cumplido los 30 días después de la germinación, se procedió a cosechar los surcos centrales. La recolección se hizo a mano, se deshojaron, se contaron y se pesaron por tratamientos en una balanza de resorte con capacidad de 30 kg. (Tabla 4). Se contaron las raíces que por tratamiento pesaron un kg, haciendo las repeticiones respectivas para determinar el índice de raíces, (Tabla 2).

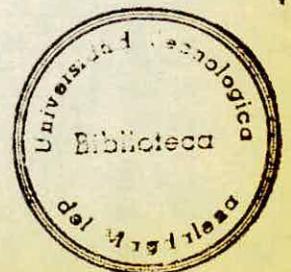


TABLA 1. Niveles de aplicación en kg/ha y fuentes comerciales de los diferentes tratamientos usados en el experimento.

Tratamiento	Productos	Dosis kg/ha	Fuentes Comerciales
1	N	125	Urea 46% N.
2	P_2O_5	55	Superfósforo triple 46% P_2O_5 .
3	M .O	20.000	Gallinaza de piso.
4	N P_2O_5	125 X 55	Urea, 10-30-10", superfósforo triple.
5	N M O	125X20.000	Urea y gallinaza de piso.
6	P_2O_5 .M.O	55X20.000	Superfósforo triple, más gallinaza de piso.
7	N P_2O_5 .M.O	125X55X20.000	Urea y 10-30-10. Superfósforo y gallinaza.
8	Testigo absoluto.		

" = El Potasio se mantuvo fijo a partir de la aplicación de 10-30-10, en 18.3 kg/ha y para el resto del tratamiento se completo este valor utilizando Cloruro de Potasio del 60% de K_2O .

TABLA 2. Número de raíces que pesan 1 kg por tratamiento y por parcelas de 3 m².

Dosis kg/ha	Tratamiento	Número de Raíces/kg			Tt	\bar{X}_t
		Bloque I	Bloque II	Bloque III		
125	N	93	118	68	279	93
55	P ₂ O ₅	58	47	54	159	53
20,000	M.O	65	69	88	222	74
125-55	NP ₂ O ₅	54	74	90	218	72.6
125-20,000	N M O	72	76	80	228	76
55-20,000	P ₂ O ₅ M.O	81	76	88	245	81.6
125-55-20,000	N P ₂ O ₅ M.O	69	100	105	274	91.3
Testigo		62	53	65	180	60

Se tomó una muestra al azar de veinte rábanos, tanto grandes, medianos y pequeños, para determinar el diámetro y el largo en m.m. de cada parcela (Tabla 3), para tal medición se utilizó una reglilla transparente graduada. Estos valores se correlacionaron posteriormente con producción para determinar el efecto de la producción con respecto a los diferentes tratamientos químicos.

3.9. Procedimiento Estadístico . Se realizaron análisis de varianza a la producción, y prueba de Duncan al nivel de 5 y 1% de significancia para determinar los mejores tratamientos; en igual forma a los diámetros grandes, medianos y pequeños.

Como variable dependiente se empleó el rendimiento, y como independiente los diámetros grandes y medianos a fin de realizar el análisis de regresión simple y múltiple.

TABLA 3 . Promedio de 20 rábanos tomados al azar para determinar el diámetro y el largo en m.m, para rábanos grandes, medianos y pequeños.

Tratamiento	X_2 Diámetro Largo	X_1 Diámetro Largo	X Diámetro Largo
1	38,9 - 53,6	28,6 - 36,7	15,7 - 25,0
2	41,9 - 62,9	31,1 - 40,2	18,5 - 28,2
3	34,0 - 5,7	27,8 - 38,6	5,7 - 27,0
4	32,7 - 54,9	29,4 - 37,9	17,4 - 24,4
5	38,8 - 53,1	28,4 - 35,0	15,2 - 23,6
6	39,0 - 52,3	27,6 - 35,8	15,5 - 25,1
7	34,6 - 48,7	26,1 - 35,3	17,4 - 24,1
8	40,1 - 55,4	28,5 - 36,9	19,8 - 28,8

X_2 = Rábanos Grandes . > 34 m.m.

X_1 = Rábanos Medianos 21 - 33 m.m.

X = Rábanos Pequeños < 20 m.m.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Propiedades del Suelo. De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de suelos previos al ensayo, el suelo donde se realizó el estudio es alcalino, con un contenido de materia orgánica que se puede considerar bajo (1.2%) y se clasifica como suelo mineral, o sea aquellos en que el contenido de materia orgánica oscila entre 0 y 20%.

Con relación al contenido de fósforo se observa que son altos (45 ppm), de acuerdo a los niveles establecidos por el programa de suelos del ICA.

En cuanto al potasio, los valores son altos, (0.6 meq/100 grs de suelo).

4.2. Respuesta del cultivo de rábano a las aplicaciones de Fósforo, Nitrógeno y Materia Orgánica. Los resultados obtenidos al aplicar diferentes dosis de materia orgánica, fósforo y nitrógeno se puede ver en la tabla 4.

Los máximos rendimientos (13.23 ton/ha), se obtuvieron con el tratamiento de 55 kg de P_2O_5 /ha y los más bajos rendimientos (4.76 ton/ha) con el tratamiento 20 ton de M.O por ha.

Se encontraron valores no significativos para el tratamiento con gallinaza a pesar de ser rica en nitrógeno, fósforo y potasio como en elemen-

tos menores.

4.3. Análisis Estadístico. Con el fin de hacer un estudio completo del experimento se efectuó primero un análisis de varianza para producción obtenida en ton/ha (Tabla 4), buscando si había diferencia significativa entre los tratamientos y los bloques.

Al efectuar el análisis de varianza para la producción de raíces de rábano (Tabla 4 y 5), se determinó que hubo alta significancia para los diferentes tratamientos, por lo cual su efecto influyó notablemente en los rendimientos.

Al hacer la prueba de Duncan, se pudo observar que los mejores tratamientos fueron : El No. 2 (13.23 ton/ha), que consistió en aplicaciones de fósforo en dosis de 55 kg de P_2O_5 /ha y el testigo, que estadísticamente fue similar (10.65 ton/ha), siguiéndole en su orden el tratamiento No. 4 (4.60 ton/ha), que correspondió ha aplicaciones de N P_2O_5 (125N y 55 P_2O_5 kg/ha).

El análisis de varianza para el promedio general de los diámetros - grandes, medianos y pequeños (Tabla 6), determinó que no hubo significan-

cia estadística al nivel del 5 y 1%, lo cual indica que los tratamientos no influyeron en el diámetro de las raíces de rábano, (Tabla 7).

TABLA 4. Producción obtenida con los diferentes tratamientos en kg/parcelas de 3 m² y ton/ha en el cultivo de rábano.

Tratamiento	Replicaciones				Peso	
	I	II	III	Tt	Xt Kg/parc.	Xt Ton/ha
1	2.16	1.64	2.65	6.45	215 b	7.17
2	3.70	4.33	3.88	11.91	3.97 a	13.23
3	1.07	1.38	1.84	4.29	1.43 c	4.76
4	3.71	2.98	1.94	8.63	2.88 ab	9.60
5	2.92	2.74	2.50	8.16	2.72 b	9.05
6	2.33	3.50	2.44	8.27	2.76 b	9.19
7	2.50	2.25	1.86	6.61	2.20 b	7.32
8	2.65	3.78	3.6	9.59	3.20 a	10.65

Tb 21.04 22.60 20.27 63.91 2.66

Letras idénticas no son significativas al 5%

TABLA 5. Análisis de varianza para la producción de los diferentes tratamientos aplicados al cultivo de rábano.

F	de	V	GL	SC	CM	F	FT	
							5%	1%
Bloques			2	0,35	0,175	0,6 NS		
Ttos			7	12,13	1,73	6,007 ^{***}	2,7	4,28
Error			14	4,0381	0,288			
Total			23	16,5181				

***= Altamente Significativo.

NS=No Significativo.

Prueba de Duncan para análisis de varianza de los promedios por tratamientos de producción.

$$DSMR = t \sqrt{\frac{2CME}{r}} = 2.145 \quad \sqrt{\frac{2.0288}{3}} = 0.94$$

$$DSMR = 0.94$$

143	2.15	2.20	2.72	2.76	2.88	<u>3.20</u>	<u>3.97</u>	
						a		
							b	
								c

TABLA 6. Promedio general de los diámetros grandes, medianos y pequeños para ocho (8) tratamientos en m.m.

Tratamiento	REPLICACIONES			Tratamiento
	I	II	III	
1	29,1	27,1	27,0	83,2
2	31,8	31,4	28,3	91,5
3	33,3	20,2	24,1	77,6
4	33,6	27,5	22,8	83,9
5	27,7	27,5	26,8	82,0
6	26,2	30,8	25,1	82,1
7	28,6	26,0	23,2	78,4
8	28,0	34,0	26,4	88,4
TB	238,3	224,5	204,3	X= 667,1

TABLA 7. Análisis de varianza para el promedio general de los diámetros grandes, medianos y pequeños.

F de V	Gl	SC	CM	F	Ft	
					5%	1%
Bloques	2	0,731	0,3655	3,44 NS	3,74	6,51
Ttos	7	0,51	0,073	0,68 NS	2,77	4,28
Error	14	1,4863	0,10616			
Total	23	2,7273				

NS = No Significativo.

4.4. Correlaciones Simples. Al hacer el análisis de Correlación Simple de la producción (Y), en grs y los diámetros pequeños en m.m, (Tabla 8), se encontró que su efecto en la producción fué de 34%, ($r^2=0.34$).

Al observar la Tabla 9, el análisis de correlación simple del peso con el diámetro de los rábanos medianos se pudo determinar que hubo un efecto del 50%, ($r^2 = 0.50$).

El análisis de correlación simple del peso respecto al diámetro de las raíces de rábanos grandes (Tabla 10), se pudo determinar un efecto positivo de 74%, ($r^2 = 0.74$).

Al comparar los tres valores de r^2 , para los diámetros pequeños, medianos y grandes, se pudo determinar que a medida que el diámetro se hace mayor la correlación simple se incrementa positivamente, por lo cual el diámetro influye en el rendimiento.

TABLA 8. Correlación Simple entre el diámetro (X) en m.m. y el peso (Y) en grs de las raíces de rábanos pequeños.

X	Y
m.m	grs
15.78	2.150
18.23	3.970
15.73	1.430
17.40	2.880
15.80	2.720
15.50	2.760
17.58	2.200
19.80	3.200

$$X = 136.12$$

$$Y = 21.310$$

$$r^2 = 0.34$$

TABLA 9. Correlación Simple para raíces medianas de rábano teniendo en cuenta su diámetro (X_1) en m,m, y su peso (Y) en grs.

X m,m	Y grs
28.6	2.150
31.1	3.470
27.8	1.430
29.4	2.880
28.4	2.720
27.6	2.760
26.1	2.200
28.5	3.200

$$X = 227.5$$

$$Y = 21.310$$

$$r^2 = 0.49$$

TABLA 10. Correlación Simple para raíces grandes de rábanos teniendo en cuenta su diámetro (X_2) en m.m, y el peso (y) en grs.

X m.m	Y grs
38.9	2.150
41.9	3.970
34.0	1.430
37.2	2.880
38.4	2.720
34.0	2.760
34.6	2.200
40.6	3.200

$$X = 304.1$$

$$Y = 1.310$$

$$r^2 = 0.74$$

4.5. Correlación Múltiple y Ecuación de Regresión Múltiple. Los datos

utilizados para la Correlación Múltiple se pueden ver en la Tabla 11, en la cual se correlacionaron el peso Y en grs y los diámetros medianos (X_1) y grandes (X_2) en m.m. Se trabajó con estos datos teniendo en cuenta que en la Correlación Simple los valores de r^2 medianamente significativos fueron a partir del diámetro mediano. ($r^2_{YX_1} = 0.50$ y $r^2_{YX_2} = 0.74$).

El coeficiente de Correlación Simple indica que entre el peso y el diámetro mediano de las raíces del rábano fue $r^2_{YX_1} = 0.50$, (Tabla 12), Coeficiente medianamente positivo. Para el diámetro grande (X_2) fué aún más alto, $r^2_{YX_2} = 0.74$, la cual determina que a medida que el diámetro se hace más grande la correlación con respecto al peso se incrementa.

Al analizar el coeficiente de Correlación Parcial (Tabla 12) del peso (Y) con el diámetro mediano (X_1) con respecto al diámetro grande (X_2), tiene un valor de $r^2_{YX_1 \cdot X_2} = 0.048$ que es muy bajo, por lo tanto la correlación no es significativa. Sin embargo al analizar el peso (Y) y el diámetro grande (X_2) con respecto al diámetro mediano (X_1) de las raíces del rábano se obtiene un valor medianamente significativo, $r^2_{YX_2 \cdot X_1} = 0.52$

Al analizar el coeficiente de Correlación Múltiple (R^2), en la cual se correlacionan las tres variables conjuntamente, se encontró una estrecha relación tanto en la producción (Y) y los diámetros (X_1, X_2), lo cual deter-

minó que estos influyen en la producción de los rábanos en un 70%,

$$(R^2_{y \cdot x_1 \cdot x_2} = 0.70).$$

Se obtuvo la Ecuación de Regresión Múltiple, ($\hat{Y} = 90.725X_1 + 209.697X_2 - 7887.17$), la cual fué utilizada para determinar diferentes curvas de producción con relación a los diámetros, (Fig. 1 y 2).

TABLA 11 . Datos de producción en grs, diámetros de rábanos medianos y grandes en m.m, los cuales fueron correlacionados.

Y''	X''''	X''''
2,150	28,6	38,9
3,970	32,1	41,9
1,430	27,8	34,0
2,880	29,4	37,2
2,720	28,4	38,4
2,760	27,6	39,0
2,200	26,1	34,6
3,200	28,5	40,1
Y = 21.310	X = 227,5	X = 204,1

" = Peso en gramo

'''' = Diámetro en m.m, de rábanos medianos.

'''''' = Diámetros en m.m, de rábanos grandes.

TABLA 12. Coeficiente de Correlación Simple, Parcial y Múltiple. Ecuación de la Regresión.

Coeficientes de Correlación
Simple

Coeficiente de Correlación
Parcial

$$r^2_{yx_1} = 0,50$$

$$r_{yx_1} = 0,70$$

$$r^2_{yx_2} = 0,74$$

$$r_{yx_2} = 0,86$$

$$r^2_{x_1, x_2} = 0,52$$

$$r_{x_1, x_2} = 0,72$$

$$r^2_{yx_1 \cdot x_2} = 0,048$$

$$r_{yx_1 \cdot x_2} = 0,22$$

$$r^2_{yx_2 \cdot x_1} = 0,52$$

$$r_{yx_2 \cdot x_1} = 0,72$$

Coeficientes de Correlación
Múltiple

Ecuación de la Regresión
Múltiple

$$R^2_{yx_1 x_2} = 0,70$$

$$R_{yx_1 x_2} = 0,83$$

$$\hat{y} = a + b_1 x_1 + b_2 x_2$$

$$a = -7887,17$$

$$b_1 = 90,725$$

$$b_2 = 209,697$$

$$\hat{y} = 90,725X_1 + 209,697X_2 - 7887,17$$

Al observar la Tabla 13 en el análisis de Regresión Múltiple no hay efecto debido al diámetro mediano de las raíces en la producción ni efecto adicional debido al diámetro grande (X_2).

Al observar la tabla 14 en el análisis de Regresión Múltiple hay efecto debido al diámetro grande (X_2) de raíces en la producción pero no hay efecto adicional debido al diámetro mediano (K_1).

Con respecto al diámetro grande (X_2), los resultados observado en el análisis de varianza, hay efecto del diámetro grandes (X_2) en la producción, pero no hay ningún efecto adicional con respecto al diámetro mediano (X_1).

Al observar las Figuras 1 y 2 se puede determinar que la producción se incrementa a medida que el diámetro se hace mayor.

El análisis de varianza para el índice de raíces, Tabla 15, informa que hubo incidencia estadística al nivel del 5% para los diferentes tratamientos y al efectuar la prueba de Duncan se encontró que el mejor tratamiento (53 raíces/kg), correspondió a las aplicaciones de 55 kg de P_2O_5 /ha y el peor (93 raíces/kg), correspondió a las aplicaciones de 125 kg de N/ha.

TABLA 13. Análisis de varianza de la regresión, efecto debido a X_1 y efecto de la regresión adicional debido a X_2 .

F. de V.	SC	GL	CM	F	Ft
Total	4054200	7			
Regresión debido a X_1	2027100	1	2027100	6 NS	6.99
Desviación de la regresión simple.	2027100	6	337850		
Regresión adicional debido a X_2 .	1054092	1	1054092	4.3 NS	6.61
Desviación de la regresión múltiple	1216260	5	243252		

NS = Significativo al 5%

NS = No significativo.



TABLA 14. Análisis de varianza de la regresión, efecto debido a X_2 y efectos de la regresión adicional debido a X_1 .

F de V	SC	Gl	CM	F	Ft 5%
Total	4054200	7			
Regresión de bido a X_2	2220079	1	2220079,9	12,6"	6,99
Desviación de la regre- sión simple.	1054092	6	175682		
Regresión adi- cional debido al X_1	50596,416	1	50596,416	0,2 NS	6,61
Desviación de la regresión múltiples	1216260	5	243252		

" = Significativo al 5%

NS= No significativo

TABLA 15. Número de raíces para obtener 1 kg. (índice de raíces).

Tratamiento	Replicación			Tt	\bar{X}_t
	I	II	III		
1	93	118	68	279	93
2	58	47	54	159	53
3	65	69	88	222	74
4	54	74	90	218	72.6
5	72	76	80	228	76
6	81	76	88	245	81.6
7	69	100	105	274	91.3
8	62	53	65	180	60
	554	613	638	1805	75.208

TABLA 16. Análisis de varianza para el número de raíces que se necesitan para obtener 1 kg .

F	de	V	GL	SC	CM	F	Ft	
							5%	1%
Bloques			2	465.08	232.54	1.187 NS	3.74	6.51
Tratamientos			7	4053.96	579.13714	2.95 "	2.77	4.28
Error			14	2.742.92	195.92285			
Total			23	7.261.96				

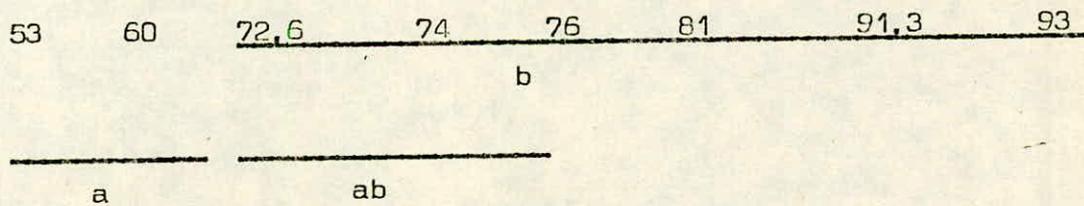
" = Significativo al 5%

NS = No significativo al 5%

Prueba de Duncan para análisis de varianza en el número de raíces que se obtienen por Kg

$$D S M R = t \sqrt{\frac{2CME}{3}} = 2.145 \sqrt{\frac{2.195.92285}{3}} = 24.51$$

$$D S M R = 24.51$$



$$\hat{Y} = 90.725 X_1 + 209.697 X_2 - 7887.17$$

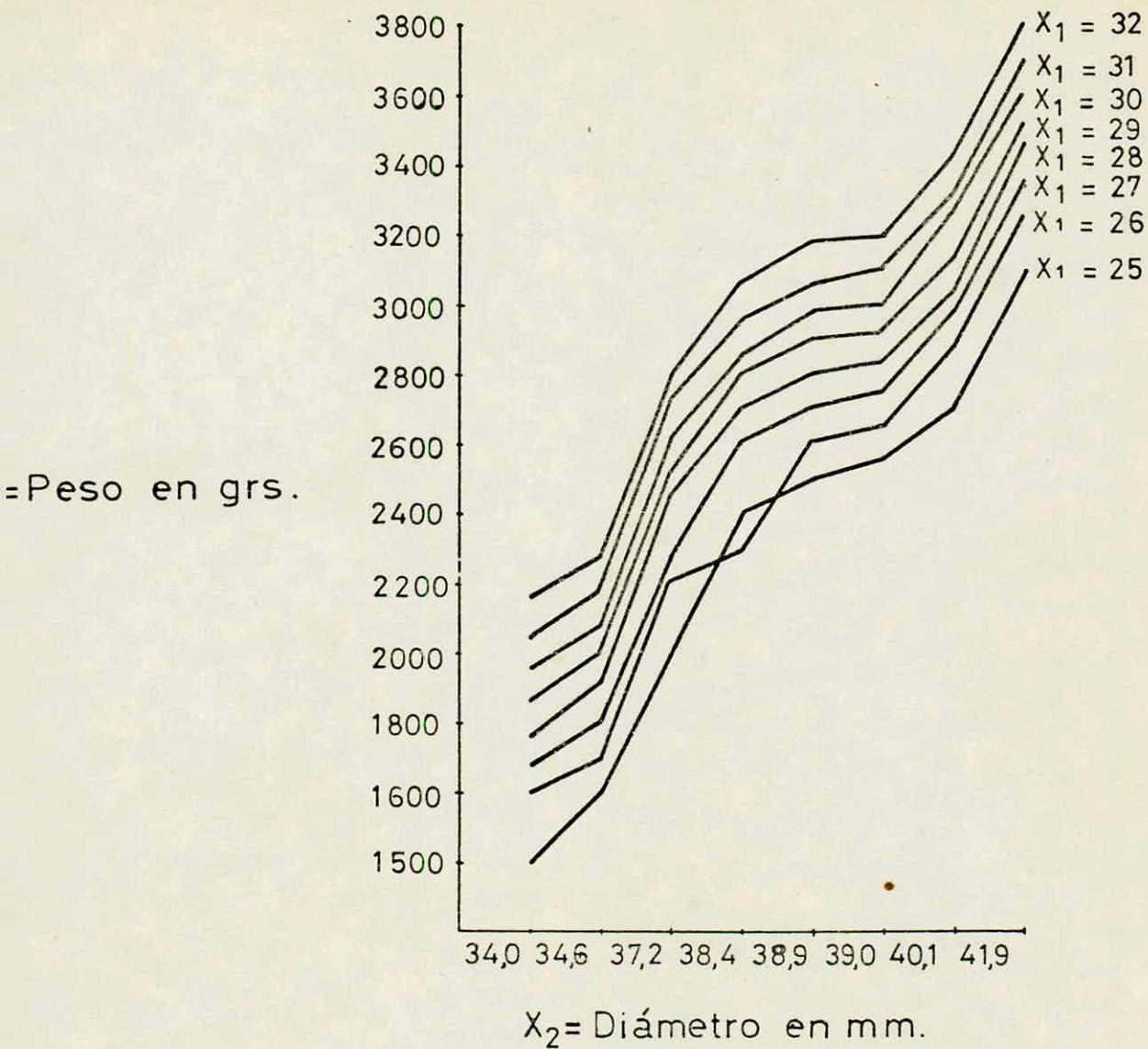


FIGURA 1.- Grafica que muestra los efectos en la producción (\hat{Y}), variando progresivamente el diámetro de los rábanos medianos (X_1), empleando la ecuación de regresión múltiple.

$$\hat{Y} = 90.725 X_1 + 209.697 X_2 - 7887.17$$

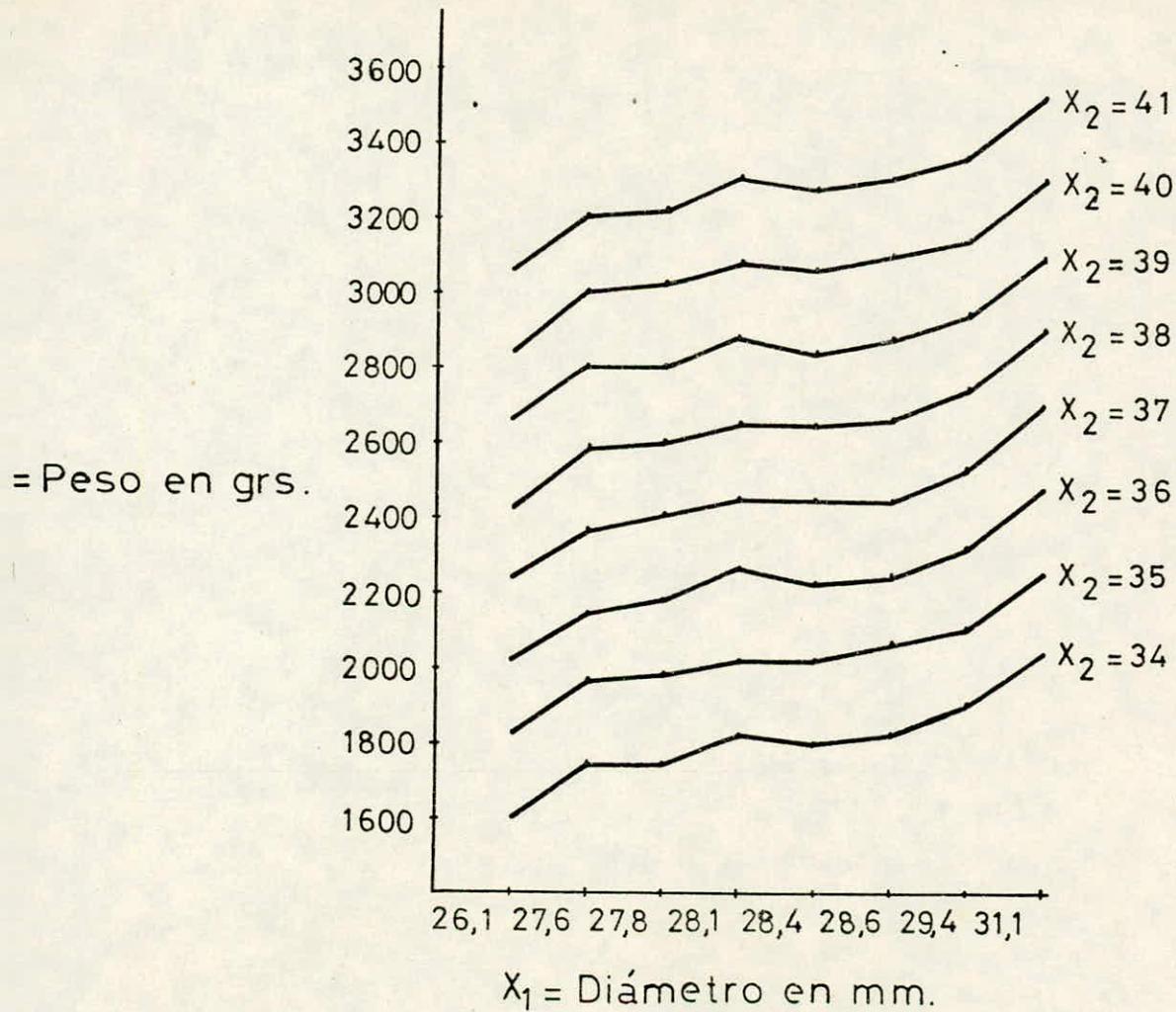


FIGURA 2.- Grafica que muestra los efectos en la producción (\hat{Y}), variando progresivamente el diámetro de los rábanos grandes (X_2) empleando la ecuación de regresión múltiple.

5. CONCLUSION

1. Al observar los resultados se puede concluir que los mejores tratamientos fueron, el No. 2, que consistió en la aplicación de fósforo con una dosis de 55 Kg por hectárea en forma de P_2O_5 con un rendimiento en la producción de 13.23 ton/ha. El testigo con un rendimiento de 10.65 ton/ha siguiéndole en su orden el tratamiento No 4 con un rendimiento de 9.60 ton/ha el cual correspondió a la aplicación de NP_2O_5 con una dosis de 125N X 55 P_2O_5 /ha.
2. No hubo significancia estadística, al nivel de 5% determinado por el análisis de varianza, para el promedio general de los diámetros grandes, medianos y pequeños, lo cual, indica que los tratamientos no influyeron en el diámetro de las raíces de rábano.
3. Al hacer el análisis de Correlación Simple para los diámetros pequeños, medianos y grandes, se encontró que el efecto en la producción fué de un 34%, 50% y 70% respectivamente. ($r^2_x = 0.34$: $r^2_{x_1} = 0.50$ y $r^2_{x_2} = 0.70$), es decir que el diámetro influye en el rendimiento a medida que se hace mayor.
4. En el coeficiente de Correlación Múltiple, la producción está influen-

ciada por los diámetros medianos, y grandes, conjuntamente con el peso en un 70%, $R^2_{yx,x} = 0.70$

5. Al graficar la Ecuación de Regresión Múltiple se determino que a medida que el diámetro aumenta la producción es mayor.

$$(\hat{Y} = 90.725X_1 + 209.697X_2 - 7887.17).$$

6. El resultado del análisis de varianza de la Regresión Múltiple nos demuestra, que hay efecto debido al diámetro mediano de las raíces en la producción, pero no hay efecto adicional debido al diámetro grande.

Con respecto al diámetro grande (X_2) se puede determinar que este influye en la producción, pero no hay efecto adicional debido al diámetro mediano (X_1).

7. El análisis de varianza para el índice de raíces demuestra que hubo incidencia estadística al nivel del 5% para los diferentes tratamientos y según la prueba de Duncan se encontró que el mejor tratamiento correspondió a 55 kg de P_2O_5 /ha (53 raíces/kg), y el peor tratamiento fué el de 125 kg de N/ha. (93 raíces/kg).

6. RESUMEN

Este trabajo se efectuó en la Granja Experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena, Municipio de Santa Marta, Departamento del Magdalena, situado al Nor-Oeste de la República de Colombia.

La región presenta una altura de 15 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación promedio anual de 674.4 m.m, una temperatura de 28 a 36 °C y una humedad relativa que oscila entre 74 y 76%.

El objetivo de este trabajo es obtener los mejores rendimientos en el cultivo de rábano (Raphanus sativus L.) a base de fertilizantes, utilizando diferentes fuentes comerciales. La variedad escogida para el experimento fue la "Red Prince" que posee período vegetativo corto y es la que mejor se adapta a esta zona. La fuente de fósforo fue el superfosfato triple con 46% de P_2O_5 ; la fuente de potasio fue el cloruro de potasio con 60% de K_2O y el 10-30-10 como fertilizante compuesto.

Estadísticamente se utilizó el diseño de bloques al azar con ocho tratamientos incluyendo un testigo absoluto y las replicaciones para un total de 24 parcelas.

La gallinaza de piso se aplicó 8 días antes de la siembra en una dosis de 20 ton/ha, al voleo, e incorporándose más tarde.

Los fertilizantes químicos se aplicaron al momento de la siembra en bandas a 5 cms de profundidad y 5 cms al lado de los surcos sembrados, con las siguientes dosis : P_2O_5 - 55 kg/ha, N- 125kg/ha, el potasio 18.3kg de K_2O /ha el cual se mantuvo fijo, a partir de la aplicación de fertilizantes 10-30-10 del cual se obtuvo una parte del fósforo y potasio que se utilizó.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los mejores rendimientos fueron el No 2 que consistía en aplicación de fósforo (P_2O_5 - 55 kg/ha) con un rendimiento de 13.23 ton/ha, el testigo con un rendimiento de 10.65 ton/ha, siguiéndole en su orden el tratamiento No 4 que correspondió a la aplicación de NP_2O_5 - 125X 55kg/ha Nitrógeno, Fósforo, con un rendimiento de 9.60 ton/ha.

De acuerdo con el coeficiente de correlación múltiple, la producción está influenciada por los diámetros medianos y grandes conjuntamente con el peso en un 70% ($R^2_{yx_1, x_2} = 0.70$). La ecuación de regresión múltiple ($Y = 90.725X_1 + 209.697X_2 - 7887.17$), demuestra que a medida que el diámetro se hace más grande, la producción aumenta positivamente.

En lo que respecta al índice de raíces, el mejor resultado se obtuvo con una aplicación de P_2O_5 a una dosis de 55 kg/ha, en cambio con 125 kg/ha de nitrógeno los resultados no fueron satisfactorios.

SUMMARY

This work done on the experimental Agricultural Station of the Technological University of Magdalena, in Santa Marta, Magdalena Located in the Northern part of Colombia. The region has an altitude of 15 meters above sea level, with an average annual rainfall of 674,4 m.m, an average temperature of 28 to 36°C and a relative humidity between 74 to 76%.

The objective of this work is to obtain the best production of Radish (Raphanus sativus L.), using differing commercial sources of fertilizers. The variety chosen for the experiment was "Red Prince" which has a short vegetative period and is the best adapted to this zone.

The source of phosphorus was triple superphosphate with 46% of P_2O_5 ; the Potassium source was Potassium with 60% of K_2O ; and the compound fertilizer 10-30-10. The application of organic material consisted of chicken manure decomposed.

Statistically the technique used was to choose random blocks of land to receive eight treatments including also a control block; for a total of 24 parcels. The chicken manure was applied eight days before the sowing in a dose of 20 ton/ha, thrown and incorporated by shovel afterward.

The chemical fertilizers were applied at the moment of seeding in strips 5 cms deep on 5 cms from the side of the rows , with the following dose : P_2O_5 -55kg/ha, N- 125 kg/ha, Potassium 18,3 kg/ha of K_2O these were held constant after the application of the 10-30-10, fertilizers.

The results showed that the best yields were the second block which consisted of an application of phosphorus (P_2O_5 55 kg/ha), with a yield of 13.23 ton/ha; the control block yield of 10.65 ton/ha, in the following order was the fourth block which received N P_2O_5 - 125 X 55 kg/ha, yielding 9.60 ton/ha.

In relation with the coefficient of manifold reciprocal relation, the production is influenced for middling and great diameters, conjointly with the weight in 70%. ($R^2_{yx_1 x_2} = 0.70$) The equation of manifold regression ($\hat{Y} = 90.725 x_1 + 209.697 x_2 - 7887.17$) demonstrates that when the diameters extend the production positively augments.

In relation to the radix mark the better result it succeeded with the application of P_2O_5 in dose of 55 kg/ha, and worse result with the application of Nitrogens in dose of 125 kg/ha.

7. BIBLIOGRAFIA

1. AGUIRRE, A. J. Suelos, abonos y enmiendas. Madrid Dossat, 1963, 451 p.
2. ALSINA, L. Horticultura General. Barcelona, Sintes 1957, 451 p.
3. BEANBLOSSOM, F. Z. M. M. Miller y W. FW. Snnett "Como aplicar eficazmente el estiércol de las aves ". La Hacienda. New York, 16 (4): 28-30, Abr 1966.
4. BERRIOS, A. T. "Importancia de la materia orgánica en los suelos ". Agricultura de las Américas. Kansas City, 14 (7) : 56-57, Jul, 1965.
5. ————— y S. F. Miranda. "Aumente sus cosechas con aplicación de estiércol al suelo ". La Hacienda. New York, 61 (8) : 46-47, Ago, 1966.
6. BAOHORQUEZ, A. N. y I. M. Blasco. "Tranformaciones microbinales del potasio de los suelos del Valle del Cauca. Acta Agronómica. Palmira, Colombia, 19 (1) : 1-5, Feb. 1969.
7. BUCKMAN, H. O. y N. C. Brady . Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. por R. S. Barceló. Barcelona y Montaner y Simón, R. 1970. 570 p.

8. CABRERA, A y Otros. " Levantamiento detallado de los suelos de la Granja de la U. T. M. para fines experimentales, Tesis de Grado, Santa Marta, Universidad Tecnológica del Magdalena. Facultad de Agronomía, 1973, 43p.
9. CHOUCAIRS, K. Huertas y hortalizas. Medellín, Bedout, 1965. 345 p.
10. COOKE, G. W y Otros. " Fertilizer placement for horticultural crops". The journal of Agricultural Science. Washington 47 (2): 249-256, Feb, 1956.
11. DEMOLON A, B.+. Crecimiento de cosechas. Trad. por M. J. Pérez. Barcelona, Omega, 1960. 158 p.
12. ESPINAL, T L y E. Montenegro. "Formaciones vegetales de Colombia. Memorias explicativas sobre el mapa ecológico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá 1963. 201 p.
13. GOMEZ, F. Apuntes sobre suelos y fertilizantes. Medellín, Politécnico Colombiano, Dpto de Tecnología Agropecuaria, 1973.
14. GROS, A. "El Humus, base de la fertilidad de los suelos y sostén de su vida microbiana". Boletín de la Corporación Nacional de los Fertilizantes. Lima 4 (11-12) : 36-46, Nov-Dic, 1966.
15. HENRIQUEZ, L. M. La huerta familiar, s. l. Biblioteca del Campesino, s.f. 150 p.

16. HIGUITA, M. F. La horticultura en Colombia. 2ed. Bogotá, I.C.A., 1977. # p.
17. JANIK, J. Horticultura científica e industrial. trad. por Horacio Marco Moll, Zaragoza, España, Acreiba 1945. 564 p.
18. MARIN, M. G. y J. Cristensen, Suelos y fertilizantes. Bogotá, I.C.A. Programa de Suelos, 1972. 42p. (Boletín Didáctico, No. 1).
19. MARTINEZ, V. R. y C. A. Martínez. "Estudio de la microflora de los abonos orgánicos". Revista de Agricultura. La Hacienda, 2 (1): 43-50 Ene, 1968.
20. McCORMICK, A y F. Galiano . "Efectos del abono orgánico de basura urbanas en la asimilación del fósforo". Tecnología. Bogotá. 6 (2) : 2-76. Feb. 1964. 612 p.
21. MILLAR, C. E. L. M. y H. D. Fort. Edafología: fundamentos de la ciencia del suelo . Trad. por F. A. Reinoso. México, Continental, 1961. 612 p.
22. SANCHEZ, M. L. "La materia orgánica del suelo " Panagra. México, 91:16-18, En. 1968.
23. ————— "El estiércol" Boletín Agrícola. Medellín, 523: 9353-9355. May, 1964.
24. TEUSCHED, H. y A. Rudolph. "Los abonos orgánicos". Boletín de la Corporación Nacional de Fertilizantes". Lima 3 (7): 6-32. Jul. 1965.
25. THOMPSON, B. C. y W. C. Kelly, Vegetables crops, 5 ed. New York, McGraw-Hill, 1957, 611 p.

26. TISDALE, S. L. Y W. L. Nelson. Soil fertility and fertilizers. 2ed.
New York, Mcmillan, 1968, 694 p.
27. TORRES, A y Otros. "Ensayo de diferentes densidades de siembra en tres variedades de Soya (Glycine max(L) Merrill). Tesis de Grado. Santa Marta, Universidad Tecnológica del Magdalena. Facultad de Agronomía.
28. WINTERS, H. y G. MisKimen. Cultivos de hortalizas en la región del Caribe. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, 1971. 111 p.

